



الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
جامعة دمشق
كلية الطب البشري
قسم الأمراض الباطنة

تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية من خلال دراسة حركية
المخرج باستخدام الأمواج فوق الصوتية

**Evaluation of right ventricle systolic function by right
ventricular outflow tract systolic excursion using
echocardiography**

بحث علمي أعد لنيل درجة الماجستير
في أمراض القلب والأوعية

إعداد: د. فرهود الصوص

برئاسة
أ.م.د. ميسون قدسي

بإشراف
أ.د. محمد المبارك

الإهداء

المقالات العلمية الناتجة عن هذا البحث العلمي والمنشورة في المجلات والمؤتمرات المحلية والعالمية

1. **F. Alsoos**, Ali Khaddam “Echocardiographic evaluation methods for right ventricular function”, *Journal of Echocardiography*, 2015, 13(2): p. 43-51. Available online at Springer: <http://link.springer.com/article/10.1007/s12574-015-0243-7>
2. **F. Alsoos**, M. Almobarak, H. Shebli “Right ventricular outflow tract systolic excursion: a useful method for determining right ventricular systolic function”, *Journal of Echocardiography*, 2014, 12(4): p. 151-158. Available online at Springer: <http://link.springer.com/article/10.1007/s12574-014-0229-x>
3. **F. Alsoos**, M. Almobarak, H. Shebli “New Method to Evaluate Right Ventricle Systolic Function Using Echocardiography”, *Damascus University Journal for Medical Sciences*, 2014.
4. **F. Alsoos** “Evaluation of right ventricle systolic function by right ventricular outflow tract systolic excursion using ultrasound”, *3rd International Conference on Radiology and Imaging*, Toronto, Canada, 2015. Available online at <http://radiology.conferenceseries.com/abstract/2000/evaluation-of-right-ventricle-systolic-function-by-right-ventricular-outflow-tract-systolic-excursion-using-ultrasound>

الفهرس

- 1..... الفصل الأول القسم النظري
- 1- البطين الأيمن جنينياً..... 1
- 1-1 المنشأ الجنيني لمخرج البطين الأيمن..... 1
- 2-1 تكون الصمامات الهلالية..... 2
- 3-1 وظيفة البطين الأيمن لدى الجنين..... 3
- 2- تشريح البطين الأيمن..... 3
- 1-2 تشريح البطين الأيمن..... 3
- 2-2 تشريح مخرج البطين الأيمن..... 4
- 3-2 توزع الألياف العضلية بالبطين الأيمن..... 6
- 4-2 التروية الشريانية للبطين الأيمن..... 7
- 5-2 الفروقات التشريحية والوظيفية بين البطين الأيسر والأيمن..... 8
- 3- التشوهات التي تصيب مخرج البطين الأيمن..... 9
- 1-3 تضيق مخرج البطين الأيمن..... 9
- 2-3 البطين الأيمن ثنائي الجوف Double-chambered RV..... 12
- 3-3 البطين الأيمن ثنائي المخرج double-outlet RV..... 12
- 4-3 تبادل منشأ الأوعية الكبيرة التام Complete Transposition of the Great Arteries (TGA)..... 12
- 5-3 تبادل منشأ الأوعية الكبيرة المصحح خلقياً Congenitally corrected TGA..... 13
- 6-3 الجذع الشرياني المشترك Truncus arteriosus..... 14
- 7-3 تندب مخرج البطين الأيمن RVOT Myocardial Scar..... 14
- 4- فزيولوجيا وظيفة البطين الأيمن الانقباضية..... 15
- 1-4 اختلاف أقسام البطين الأيمن في وظيفته الانقباضية..... 15
- 2-4 البطين الأيمن كمضخة المكبس piston pump..... 15
- 3-4 البطين الأيمن كدافعة ميكانيكية دوارة vortex impeller..... 15
- 4-4 البطين الأيمن كمضخة هيدروليكية hydraulic ram..... 16
- 5-4 دور البطين الأيسر في وظيفة البطين الأيمن..... 17
- 6-4 دور الأذينة اليمنى في وظيفة البطين الأيمن..... 17
- 7-4 دور مخرج البطين الأيمن..... 17
- 8-4 تأقلم البطين الأيمن مع زيادة الحمل البعدي..... 18
- 9-4 وظيفة البطين الأيمن والمخرج في رباعي فالو المصحح جراحياً..... 18
- 10-4 مخرج البطين الأيمن واللانظميات القلبية..... 19
- 5- أهمية تقييم أبعاد ووظيفة البطين الأيمن..... 19
- 1-5 كيفية تقييم أبعاد البطين الأيمن..... 20
- 2-5 طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية بالإيكو..... 22

31.....	الفصل الثاني القسم العملي
33.....	1- الملخص
37.....	2- مخطط البحث
37.....	1-2- خلفية البحث وأهميته
38.....	2-2- هدف الدراسة
38.....	2-3- المواد وطرق الدراسة
39.....	2-4- معايير القبول
39.....	2-5- معايير الاستبعاد
39.....	2-6- الفرضية البحثية
39.....	2-7- السؤال البحثي
39.....	2-8- الدراسة الإحصائية
41.....	2-9- الاستبيان
42.....	2-10- الموافقة المستنيرة
43.....	3- المبادئ والطرق الإحصائية المتبعة في هذه الدراسة لتقليل الانحياز وتقييم دقة القياس
43.....	3-1- المبادئ الإحصائية المتبعة في هذه الدراسة لتقليل الانحياز وتقييم دقة القياس
44.....	3-2- الطرق الإحصائية المتبعة في هذه الدراسة لتقليل الانحياز وتقييم دقة القياس
45.....	4- الصدى القلبي
45.....	4-1- كيفية حساب أقطار البطين الأيمن
46.....	4-2- كيفية حساب طرق تقييم الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن
49.....	4-3- كيفية حساب الضغط الرئوي الانقباضي
49.....	4-4- كيفية دراسة الأجواف القلبية اليسرى
49.....	4-5- كيفية دراسة الصمامات القلبية
49.....	5- نتائج الدراسة
49.....	5-1- حجم العينة
49.....	5-2- وصف عينة البحث
49.....	5-3- المقارنة بين مجموعة الحالة ومجموعة الشاهد من حيث خصائص المريض
54.....	5-4- المقارنة بين مجموعة الحالة ومجموعة الشاهد من حيث موجودات الإيكو
61.....	5-5- توزع مرضى مجموعة الحالة بحسب سبب قصور القلب الأيمن
62.....	5-6- دقة قياس طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية
66.....	5-7- حركية مخرج البطين الأيمن كطريقة لتقييم الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن
72.....	5-8- ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع بقية الطرق
74.....	6- المناقشة
75.....	6-1- المقارنة مع الدراسات العالمية
76.....	7- الاستنتاجات
76.....	8- التوصيات والمقترحات

77..... جدول المصطلحات 9-
80..... المراجع 10-

فهرس الأشكال

- 1..... الشكل 1 هجرة خلايا العرف العصبي في الأسبوع الخامس إلى الأقواس الأبهريية
- 2..... الشكل 2 كيفية انقسام مخرج القلب
- 2..... الشكل 3 تكون الصمامات الهلالية
- 3..... الشكل 4 تشابه موجودات الإيكو بين الجنين الطبيعي ومريض أيزمنغر
- 6..... الشكل 5 وريقات الصمام الرئوي وكيفية تسميتها
- 7..... الشكل 6 توزع طبقات الألياف العضلية في البطين الأيمن والأيسر
- 8..... الشكل 7 الأقسام الأربعة للبطين الأيمن
- 11..... الشكل 8 مقارنة رباعي فالو مع القلب الطبيعي
- 13..... الشكل 9 مقارنة بين تبادل منشأ الأوعية الكبيرة التام والقلب الطبيعي
- 13..... الشكل 10 مقارنة بين تبادل منشأ الأوعية الكبيرة المصحح خلقياً والقلب الطبيعي
- 14..... الشكل 11 مقارنة بين الجذع الشرياني المشترك والقلب الطبيعي
- 16..... الشكل 12 جريان الدم داخل البطين الأيمن أثناء الانقباض والانبساط
- 16..... الشكل 13 آلية عمل البطين الأيمن كمضخة هيدروليكية
- 19..... الشكل 14 الطرق المختلفة لتقييم البطين الأيمن عند نفس المريض
- 21..... الشكل 15 كيفية قياس أقطار البطين الأيمن بالمقطع رباعي الأجواف
- 21..... الشكل 16 كيفية قياس أقطار مخرج البطين الأيمن
- 22..... الشكل 17 كيفية حساب نسبة تغير مساحة البطين الأيمن
- 23..... الشكل 18 كيفية حساب الانزياح الانقباضي لحلقة مثلث الشرف
- 24..... الشكل 19 كيفية حساب سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية المحسوبة بالدوبلر النسيجي
- 25..... الشكل 20 كيفية حساب نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن
- 25..... الشكل 21 كيفية حساب $RV dp/dt$
- 27..... الشكل 22 كيفية حساب مشعر الأداء القلبي
- 27..... الشكل 23 السلبية الكاذبة لمشعر الأداء القلبي
- 28..... الشكل 24 كيفية قياس التسارع متساوي الحجم باستخدام الدوبلر النسيجي الملون
- 43..... الشكل 25 مثال عن مخطط بلاند وألتمان
- 46..... الشكل 26 كيفية حساب حركية مخرج البطين الأيمن $RVOT_SE$
- 47..... الشكل 27 كيفية حساب تغير مساحة البطين الأيمن من خلال المقطع رباعي الأجواف
- 47..... الشكل 28 كيفية حساب حركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض
- 48..... الشكل 29 كيفية حساب نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن
- 48..... الشكل 30 كيفية حساب سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي
- 50..... الشكل 31 توزع مرضى مجموعتي الدراسة المرضى حسب الجنس
- 50..... الشكل 32 توزع مرضى مجموعتي الدراسة حسب الداء القلبي الإقفاري
- 51..... الشكل 33 توزع مرضى مجموعتي الدراسة حسب ارتفاع التوتر الشرياني
- 51..... الشكل 34 توزع مرضى مجموعتي الدراسة حسب الداء السكري

- الشكل 35 توزع مرضى مجموعتي الدراسة حسب قصور القلب الأيسر 52
- الشكل 36 توزع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود آفة رئوية مزمنة 52
- الشكل 37 توزع مرضى مجموعتي الدراسة حسب الرجفان الأذيني 53
- الشكل 38 توزع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود الصمة الرئوية 53
- الشكل 39 توزع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود قصور أبهري 55
- الشكل 40 توزع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود تضيق تاجي 56
- الشكل 41 توزع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود قصور تاجي 56
- الشكل 42 توزع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود قصور مثلث الشرف 57
- الشكل 43 توزع مرضى مجموعة الحالة بحسب سبب قصور القلب الأيمن 61
- الشكل 44 مخطط بلاند وألتمان لقياس حركية مخرج البطين الأيمن 62
- الشكل 45 مخطط بلاند وألتمان لطرق تقييم البطين الأيمن 64
- الشكل 46 منحنى روك لحركية مخرج البطين الأيمن 67
- الشكل 47 ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع تغير مساحة البطين الأيمن 72
- الشكل 48 ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع حركية حلقة مثلث الشرف أثناء الانقباض 72
- الشكل 49 ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن 73
- الشكل 50 ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي 73

فهرس الجداول

- الجدول 1 الفروقات التشريحية والوظيفية بين البطين الأيسر والأيمن.....8
- الجدول 2 أسباب تضيق مخرج البطين الأيمن عند البالغين.....9
- الجدول 3 أنواع تضيق الصمام الرئوي.....10
- الجدول 4 كيفية تقدير ضغط الأذينة اليمنى.....49
- الجدول 5 مقارنة بين مجموعة الحالة ومجموعة الشاهد من حيث خصائص المريض.....54
- الجدول 6 مقارنة بين مجموعة الحالة ومجموعة الشاهد من حيث موجودات الإيكو.....60
- الجدول 7 معامل الترابط داخل الصنف لطرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية.....66
- الجدول 8 جدول 2×2 لحركية مخرج البطين الأيمن في مجموعتي الحالة والشاهد.....68
- الجدول 9 جدول 2×2 لسرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي.....68
- الجدول 10 جدول 2×2 لنسبة تقاصر البطين الأيمن في مجموعتي الحالة والشاهد.....68
- الجدول 12 العلاقة بين حركية مخرج البطين الأيمن والجنس.....69
- الجدول 13 العلاقة بين حركية مخرج البطين الأيمن وارتفاع التوتر الشرياني.....69
- الجدول 14 العلاقة بين حركية مخرج البطين الأيمن والداء السكري.....69
- الجدول 11 مقارنة بين حساسية ونوعية طرق تقييم الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن.....68
- الجدول 15 العلاقة بين حركية مخرج البطين الأيمن والرجفان الأذيني.....69
- الجدول 16 العلاقة بين حركية مخرج البطين الأيمن ووجود آفة رئوية مزمنة.....70
- الجدول 17 العلاقة بين حركية مخرج البطين الأيمن ووجود الصمة الرئوية.....70
- الجدول 18 العلاقة بين حركية مخرج البطين الأيمن والداء القلبي الإقفاري في مجموعة الحالة.....70
- الجدول 19 العلاقة بين حركية مخرج البطين الأيمن والداء القلبي الإقفاري في مجموعة الشاهد.....70
- الجدول 20 العلاقة بين حركية مخرج البطين الأيمن وبين قصور مثلث الشرف في مجموعة الحالة.....71
- الجدول 21 العلاقة بين حركية مخرج البطين الأيمن وبين قصور مثلث الشرف في مجموعة الشاهد.....71
- الجدول 22 مقارنة هذه الدراسة ودراسة مجلة القلب الأوروبية.....75

الفصل الأول

القسم النظري

1- البطين الأيمن جنينياً

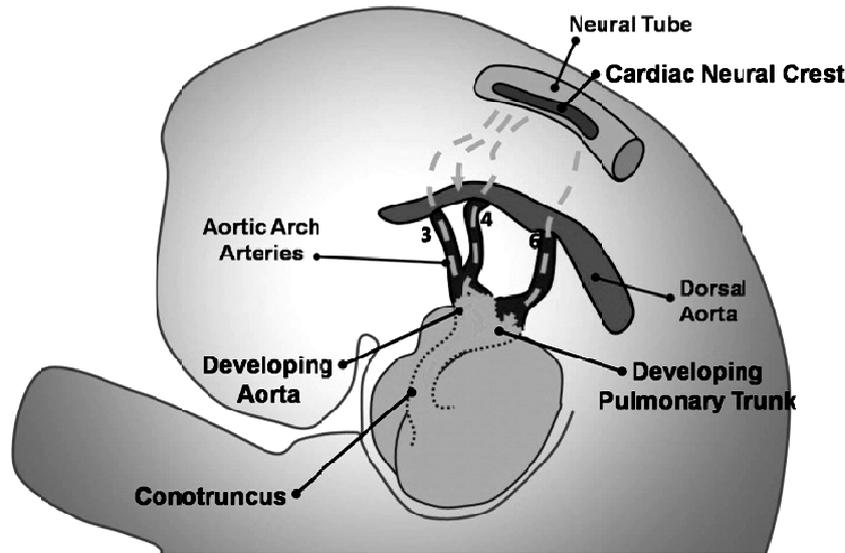
1-1- المنشأ الجنيني لمخرج البطين الأيمن

من المعروف منذ سنوات عديدة أن الخلايا العضلية لمخرج البطين الأيمن تنشأ من منطقة خارج القلب الأولي first heart field وهي تدعى القلب الثانوي secondary heart field¹.
تم بناء نظرية تكون مخرج البطين للجنين البشري على ثلاث مبادئ هي^{2,3}:

1- الاختلاف النسيجي للمخرج عن الجذع الشرياني truncus arteriosus فالمخرج يحتوي طبقة عضلية بينما الجذع الشرياني يحتوي طبقة متوسطة mesenchymal
2- إن الوصل بين المخرج والجذع الشرياني ليس بمستوى واحد فهو يأخذ شكل السرج saddle shape، فمن الأمام ينتهي المخرج بشكل أبعد distal من الخلف ومن الأيسر ينتهي بشكل أمامي أكثر منه من الأيمن.

3- إن طريقة الانقسام الجنيني المعقدة لمخرج البطين لتشكل مخرج البطين الأيمن والأيسر تجعل مخرج البطين الأيمن طويلاً مع جذع رئوي قصير نسبياً بينما تشكل مخرج بطين أيسر قصير مع أبهر صاعد طويل نسبياً.

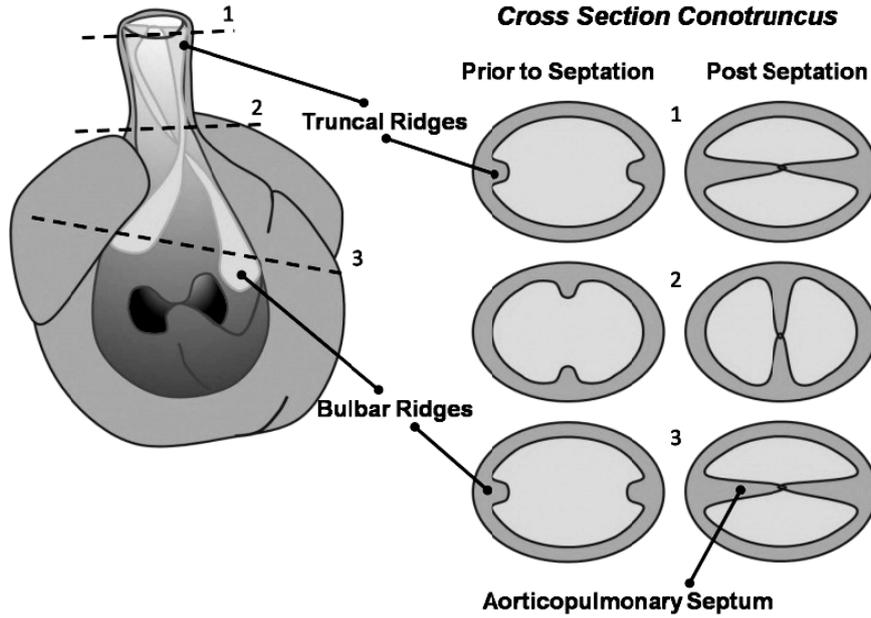
تهاجر خلايا العرف العصبي neural crest cells في الأسبوع الخامس عبر الأقواس الغلصمية الثالثة والرابعة والسادسة إلى الأقواس الأبهريّة وهي المسؤولة عن انقسام مخرج القلب إلى مخرج البطين الأيمن ومخرج البطين الأيسر^{4,5}. يظهر الشكل 1 هجرة خلايا العرف العصبي.



الشكل 1 هجرة خلايا العرف العصبي في الأسبوع الخامس إلى الأقواس الأبهريّة

يحصل انقسام مخرج القلب في الأسبوع السادس ولتبسيط هذا الانقسام المعقد تم تقسيم مخرج القلب إلى ثلاث أقسام جنينية هي المخروط conus، الجذع truncus، الشريان الرئوي الأبهري aortopulmonary artery، وكل قسم يحتوي حافتين ridges متقابلتين من النسيج الشغافي (بحيث تكون حافتي الجذع عموديتان على حافتي المخروط والشريان الرئوي الأبهري) ثم تتطور الحافتان بكل قسم تدريجياً لتكبران باتجاه بعضهما البعض (باتجاه اللمعة) لتتصلان معاً وتشكلان حجاباً يفضّل كل قسم إلى أيمن وأيسر، ويكون الحجاب المتشكل ملتقاً حول محور عمودي من القسم القريب نحو البعيد بزاوية 180 درجة. وهكذا ينقسم المخروط ليشكل مخرج البطين الأيمن ومخرج البطين الأيسر بينما ينقسم الجذع

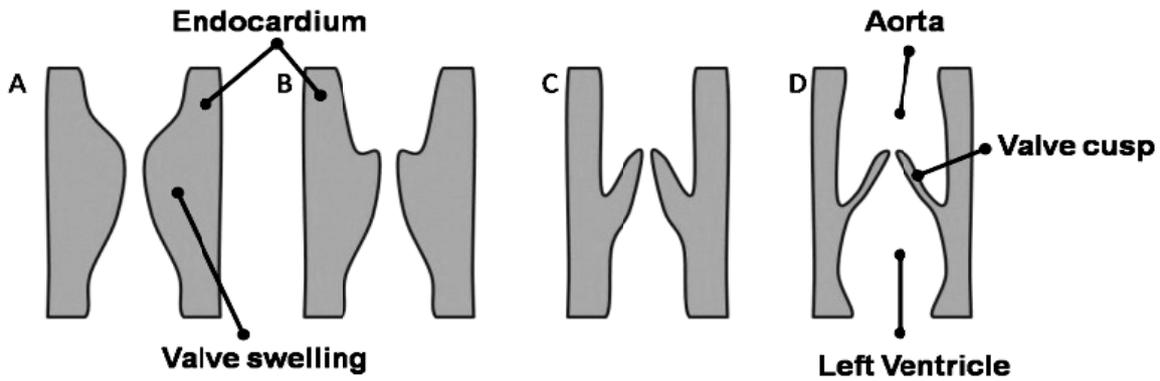
عند مستوى الصمامات الهلالية ليشكل الحجاب بين الأبهر الصاعد والجذع الرئوي بينما ينقسم الشريان الرئوي الأبهر ليشكل القوس الأبهرية والشرايين الرئوية⁵. يظهر الشكل 2 كيفية انقسام مخرج القلب.



الشكل 2 كيفية انقسام مخرج القلب

المقطع 1 يمثل مستوى الشريان الرئوي الأبهر قبل وبعد الانقسام، المقطع 2 يمثل مستوى الجذع قبل وبعد الانقسام، المقطع 3 يمثل مستوى المخروط قبل وبعد الانقسام
1-2- تكون الصمامات الهلالية

تنشأ الصمامات الهلالية (الصمام الرئوي والصمام الأبهر) من حافة بصلية bulbar ridge تتوضع في الجذع ومن النسيج الصمامي تحت الشغافي subendocardial valve tissue. يتكون الصمام الهلالي الأولي primordial semilunar valve من لب متوسطي ميزانجيالي mesenchymal core مغطى بالشغاف ومع تقدم الزمن يترقق النسيج الصمامي تدريجياً لنحصل على الشكل النهائي للصمام الهلالي كما في الشكل 3. وما زالت تلك الآلية المسؤولة عن الترقق والموت الخلوي غير مفهومة بدقة حتى الآن.



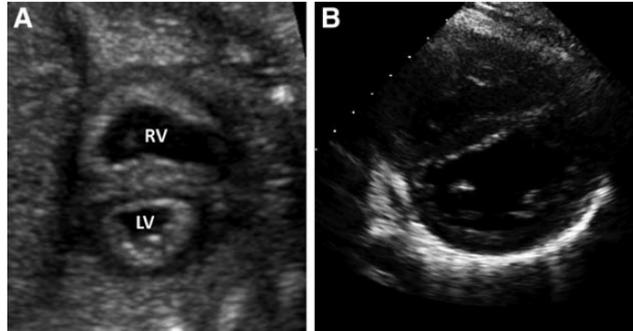
الشكل 3 تكون الصمامات الهلالية

الحافة البصلية valve swelling، نلاحظ كيفية ترقق الصمام الهلالي الأولي للحصول على الصمام الهلالي النهائي الأبهرى وفق الترتيب الزمني من A إلى D

1-3- وظيفة البطين الأيمن لدى الجنين

خلال الحمل يعمل البطين الأيمن كبطين جهازي فإضافة إلى ضخ الدم إلى الجريان الرئوي فإنه يضخ الدم إلى القسم السفلي من الجسم والمشيمة ويشكل نتاجه بالمجمل أكثر من نصف نتاج القلب الكلي. سماكة جدر البطين الأيمن في الحياة الجنينية تكون مماثلة لسماكة جدر البطين الأيسر ويتوضع الحجاب بين البطينين بالمنتصف بسبب تساوي الضغوط في البطينين لدى الجنين الطبيعي، وبعد الولادة تنخفض المقاومة الوعائية الرئوية فيتغير شكل البطين الأيمن ليصبح ذو جدار أرق ليتماشى مع فزيولوجيا ما بعد الولادة⁶.

وكما يوضح الشكل 4 فإن سماكة جدر البطين الأيمن في الحياة الجنينية تكون مماثلة لسماكة جدر البطين الأيسر ويتوضع الحجاب بين البطينين بالمنتصف بسبب تساوي الضغوط في البطينين لدى الجنين الطبيعي، ونرى مثل هذا الوصف عند مرضى آيزمنغر حيث تبقى سماكة الجدر في البطين الأيمن ويتوضع الحجاب بين البطينين في المنتصف.



الشكل 4 تشابه موجودات الإيكو بين الجنين الطبيعي ومرض آيزمنغر

A إيكو قلب بالمقطع جانب القص ذو المحور القصير لجنين طبيعي يظهر سماكة جدر البطين الأيمن وتوضع الحجاب بين البطينين في المنتصف، B إيكو قلب بالمقطع جانب القص ذو المحور القصير لمرض آيزمنغر يظهر نفس الموجودات

2- تشريح البطين الأيمن

1-2- تشريح البطين الأيمن

يقع البطين الأيمن خلف عظم القص ويشكل الحافة السفلية لظل القلب cardiac silhouette. يبدو البطين الأيمن بشكل مثلثي عند النظر إليه جانبياً بينما يبدو بشكل هلالى عند النظر إليه بشكل معترض (وذلك بخلاف البطين الأيسر الذي يأخذ شكل بيضوي)^{7,8}. وهكذا بسبب انحناء البطين الأيمن حول البطين الأيسر فإن مخرج البطين الأيمن يتوضع إلى الأمام من مخرج البطين الأيسر (هذا التصالب الطبيعي بين مخرج البطين الأيمن ومخرج البطين الأيسر يزول في بعض التشوهات الولادية كما في تبادل منشأ الأوعية الكبيرة).

تعتبر أغلب الدراسات المجراة على البطين الأيمن أن له بنية تشريحية ووظيفة واحدة، ولكن يتكون البطين الأيمن حقيقةً من عدة أقسام مختلفة تشريحياً ووظيفياً ومختلفة حتى بالمنشأ الجنيني تعمل معاً كبنية متكاملة واحدة⁹.

قديمًا كان يقسم البطين الأيمن إلى قسمين: الأول هو الجيب RV sinus ويمتد من حلقة الصمام مثلث الشرف إلى القمع القريب the proximal os infundibulum والثاني هو مخرج البطين وهو يمتد من القمع القريب إلى الصمام الرئوي.^{9,10}

حديثاً تم تقسيم البطين الأيمن (والبطين الأيسر كذلك) إلى ثلاث أقسام رئيسية هي المدخل inlet والقمة apical والمخرج outlet، وهذا التقسيم ساعد كثيراً في فهم وتصنيف التشوهات القلبية الولادية.

المدخل: يشمل وريقات الصمام مثلث الشرف والعضلات الحليمية والجهاز تحت الصمامي.

القمة: تتميز بترابيقها الكثيرة heavy trabeculations.

المخرج: أثبتت الدراسات الجنينية أن مخرج البطين الأيمن هو جوف مستقل ينشأ جنينياً من قسم مختلف عن بقية أقسام البطين الأيمن. وأثبتت الدراسات الفزيولوجية الكهربائية أن مخرج البطين الأيمن هو آخر جزء يتفعل أثناء الانقباض من البطين الأيمن وهكذا يتشكل نتاج البطين الأيمن أثناء الانقباض من حركية شبيهة بالتعرجات المعوية peristaltic-like motion التي تبدأ من المدخل وتنتهي بالمخرج⁹.

2-2-2- تشريح مخرج البطين الأيمن

يتميز المخرج بـ:

2-2-2-1- القمع الرئوي Pulmonary Infundibulum

القمع الرئوي يدعى أيضاً المخروط conus هو بنية عضلية أنبوبية الشكل تدعم وريقات الصمام الرئوي، ويختلف حجمه وطوله بين شخص وآخر وعادة يكون حجمه مستقلاً عن حجم البطين الأيمن.

2-2-2-2- العرف فوق البطيني Supraventricular Crest

بعكس البطين الأيسر والذي يتمادى فيه الصمام الأبهري مع الصمام التاجي فإن العرف فوق البطيني يشكل الحد الفاصل بين مكونات مدخل ومكونات مخرج البطين الأيمن (بين جهاز الصمام الرئوي وجهاز الصمام مثلث الشرف)، فالعرف فوق البطيني يشكل الحافة الخلفية للقمع الرئوي.

يشكل العرف فوق البطيني نظرياً حافة ضمن جوف البطين الأيمن إلا أنه بالحقيقية عبارة عن طية في جدار البطين الأيمن تبرز من الحجاب بين البطينين ضمن جوف البطين الأيمن.

ولهذا فإن العرف فوق البطيني يدعى أيضاً بالطية القمعية البطينية ventriculoinfundibular fold لأن هذا الاسم يعبر عن كونه بنية عضلية بشكل طية تفصل بين مكونات الصمام الرئوي والصمام مثلث الشرف كما يظهر الشكل 5.

يتميز العرف فوق البطيني بسطحه الأمامي مقارنة مع باقي مخرج البطين الأيمن والذي يحوي العديد من الترابيق.

يختلف طول العرف فوق البطيني من شخص إلى آخر وهو يفصل عن الأبهري بنسيج شحمي ويمكن إجراء شق جراحي فيه دون الوصول إلى جوف البطين الأيسر.

2-2-2-3- التربيق الحافوي الحاجزي septomarginal trabeculation

التربيق الحافوي الحاجزي عبارة عن شريط عضلي متبارز يدعم الحجاب بين البطينين وهو يأخذ شكل حرف Y حيث يكون جسمه ممتداً نحو قمة البطين الأيمن فيتدادى ليعطي الشريط المعدل moderator band والعضلة الحليمية الأمامية ثم يتفرع إلى التربيق القمعية، بينما يتفرع حرف Y إلى ذراعين أمامية علوية وخلفية سفلية تتشابكان مع العرف فوق البطيني. الذراع الأمامية العلوية تمتد على طول القمع نحو وريقات الصمام الرئوي. الذراع الخلفية السفلية تمتد عبر الحجاب بين البطينين نحو مدخل البطين الأيمن وتعطي العضلة الحليمية الأنسية (الشكل 5).

يتكون التربيق الحافوي الحاجزي من عدة ترابيق تختلف بالعدد (5-22 تربيق) والسماكة (2-10 ملم) من شخص لآخر، وتزداد في ارتفاع التوتر الرئوي، رباعي فالو، تضيق الرئوي العضلي تحت الصمامي.

4-2-2- الشريط المعتدل moderator band

يعتبر الشريط المعتدل جزء من التربيق الحافوي الحاجزي وهو يدعم العضلة الحليمية الأمامية للصمام مثلث الشرف وهو يمتد معترضاً ضمن جوف البطين الأيمن إلى الجدار الحر للبطين الأيمن. عادة يقع بمنصف المسافة بين القمة والصمام مثلث الشرف ويمكن تمييزه لدى حوالي 90% من الأشخاص.

تبلغ سماكته وسطياً 4.5 ملم وطوله بين 11 و 24 ملم (وسطياً 16 ملم) ويكون قصير وسميك لدى 40% من الأشخاص.

يتلقى الشريط المعتدل التروية من الشريان الأمامي النازل عبر فرع يدعى شريان الشريط المعتدل وهذا الشريان يشكل مفاغرات بين الشريان الأمامي النازل والشريان الإكليلي الأيمن تتوضع عادة في قاعدة العضلة الحليمية الأمامية للصمام مثلث الشرف.

5-2-2- العضلة الحليمية الأنسية Medial Papillary Muscle

العضلة الحليمية الأنسية وتدعى أيضاً العضلة الحليمية الحاجزية ترتبط مع الوريقة الحاجزية والوريقة الأمامية للصمام مثلث الشرف. تكون عضلة واحدة في 50% من الأشخاص وعضلتين في 30% منهم. تمثل معلم تشريحي هام للدلالة على موقع الغصن الأيمن right bundle branch حيث يعتمد عليها الجراحين لتجنب إصابة الغصن الأيمن أثناء العمليات الجراحية على آفات الحجاب بين البطينين.

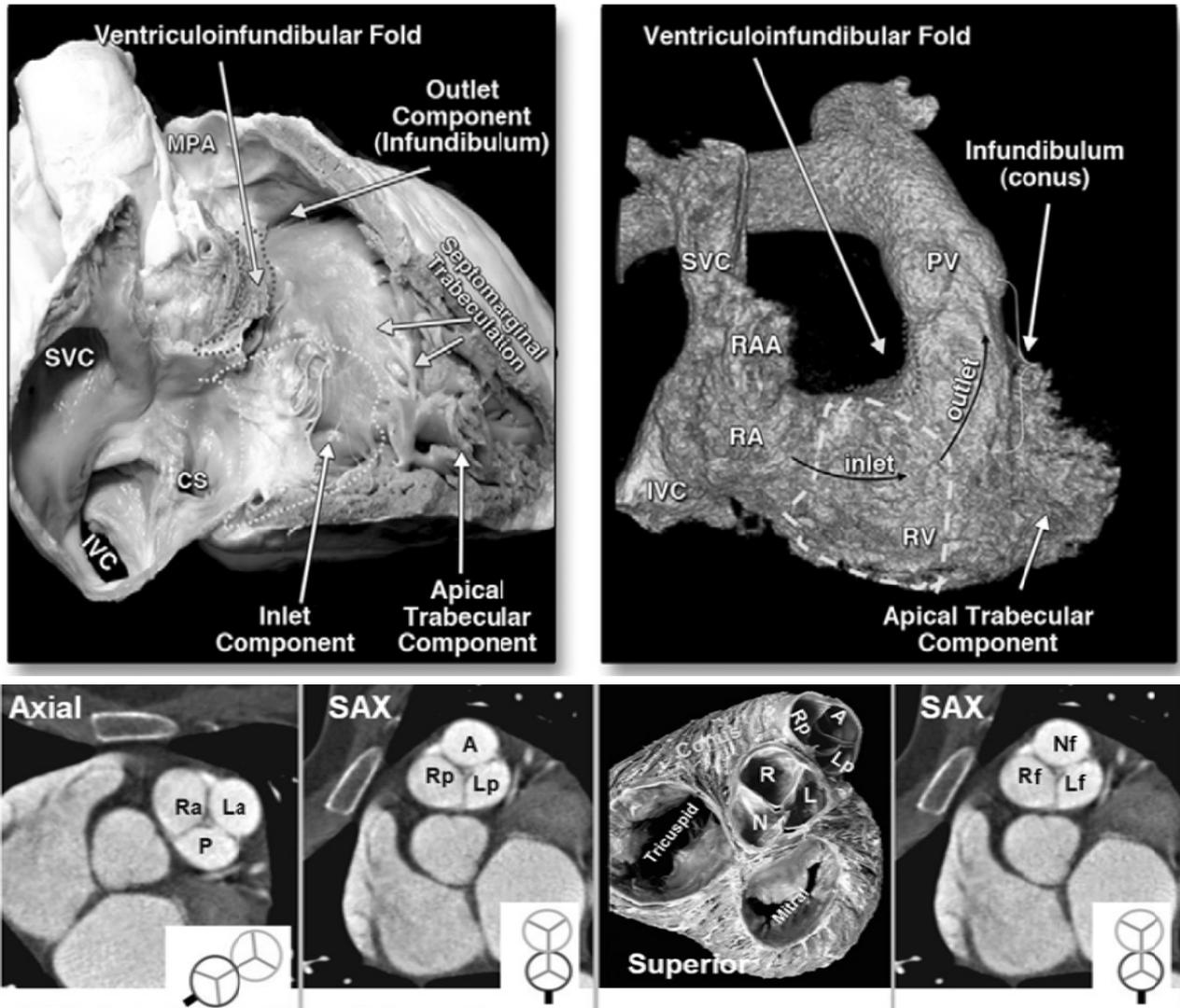
6-2-2- الصمام الرئوي

يشكل الجذر الرئوي pulmonary root جزء من مخرج البطين الأيمن وهو يدعم وريقات الصمام الرئوي. يتألف من ثلاث جيوب فالسالفا وهو يمتد بين وريقات الصمام الرئوي والوصل الأنبوبي الجيبي sinotubular junction. يكون الوصل الأنبوبي الجيبي أقل وضوحاً في الصمام الرئوي مقارنة مع الصمام الأبهر.

عضلية القمع تحت الصمام الرئوي ترفع الصمام الرئوي فوق الحجاب بين البطينين لتجعل منه أعلى صمام بين صمامات القلب الأربعة توضعاً، وهذا يساعد في عملية استئصال الصمام الرئوي بشكل آمن عن بقية مكونات مخرج البطين الأيمن.

كما يظهر الشكل 5 تختلف تسمية وريقات الصمام الرئوي بناء على الطريقة المتبعة لذلك:

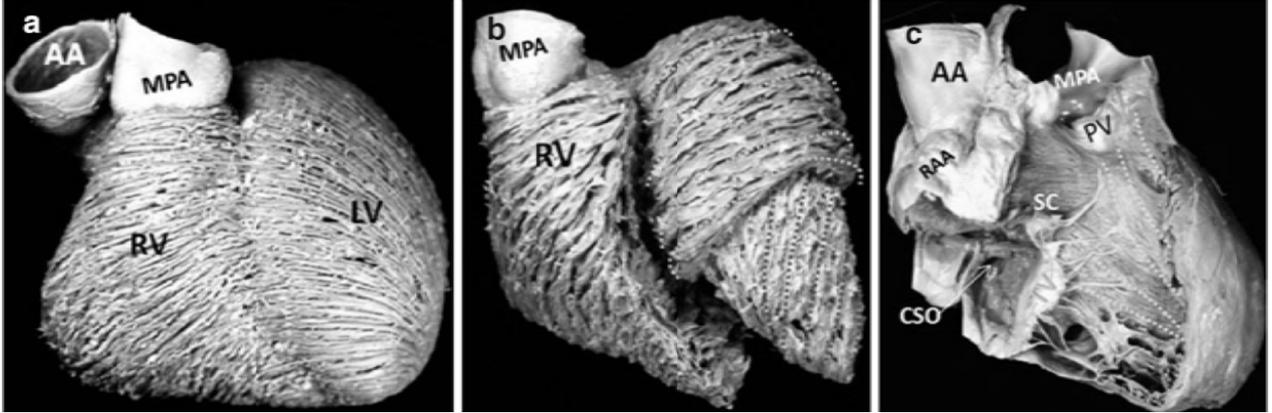
- بناء على الموقع التشريحي للقلب ضمن جدار الصدر يمكن تسمية الوريقات خلفية posterior، أمامية وحشية يمنى right anterolateral، أمامية وحشية يسرى left anterolateral.
- بناء على الموقع التشريحي للوريات بالنسبة للقلب يمكن تسمية الوريقات أمامية anterior، خلفية يسرى left posterior، خلفية يمنى right posterior.
- بناء على علاقة الوريقات بالصمام الأبهر يمكن تسمية الوريقات مقابلة يسرى left-facing، مقابلة يمنى right-facing، غير مقابلة nonfacing.



الشكل 5 تشریح مخرج البطين الأيمن وكيفية تسمية وريقات الصمام الرئوي
 posterior (P), right anterolateral (Ra), and left anterolateral (La).
 anterior (A), left posterior (Lp), and right posterior (Rp)
 left-facing (Lf), right-facing(Rf), and nonfacing(Nf)

2-3- توزيع الألياف العضلية بالبطين الأيمن

يختلف ترتيب الطبقات العضلية بشكل كبير بين البطين الأيسر والبطين الأيمن، ففي البطين الأيمن تكون سماكة الجدر أقل مما هي في البطين الأيسر وتتوزع الألياف العضلية بشكل أساسي ضمن طبقتين حيث تتوزع الألياف العضلية تحت التامورية بشكل دائري بينما تتوزع الألياف العضلية الأعمق تحت الشغافية بشكل طولي. بينما في البطين الأيسر يكون الجدار أكثر سماكة وتتوزع الألياف العضلية بشكل أساسي ضمن ثلاث طبقات فتتوزع الألياف تحت التامورية بشكل مائل بينما تتوزع الألياف تحت الشغافية بشكل طولي ونجد طبقة متوسطة مسيطرة من الألياف تتوزع بشكل دائري كما يظهر الشكل 6.



الشكل 6 توزع طبقات الألياف العضلية في البطين الأيمن والأيسر

a يبين توزع الألياف العضلية تحت التامورية (السطحية) للبطين الأيمن والأيسر مع ملاحظة استمرار هذه الألياف بين البطينين، b يبين توزع الألياف بالطبقة المتوسطة للبطين الأيسر بشكل دائري وغياب هذه الطبقة بالبطين الأيمن وتوزع الألياف تحت الشغافية بالبطين الأيسر بشكل طولي، c يبين توزع الألياف العضلية تحت الشغافية للبطين الأيمن بشكل طولي

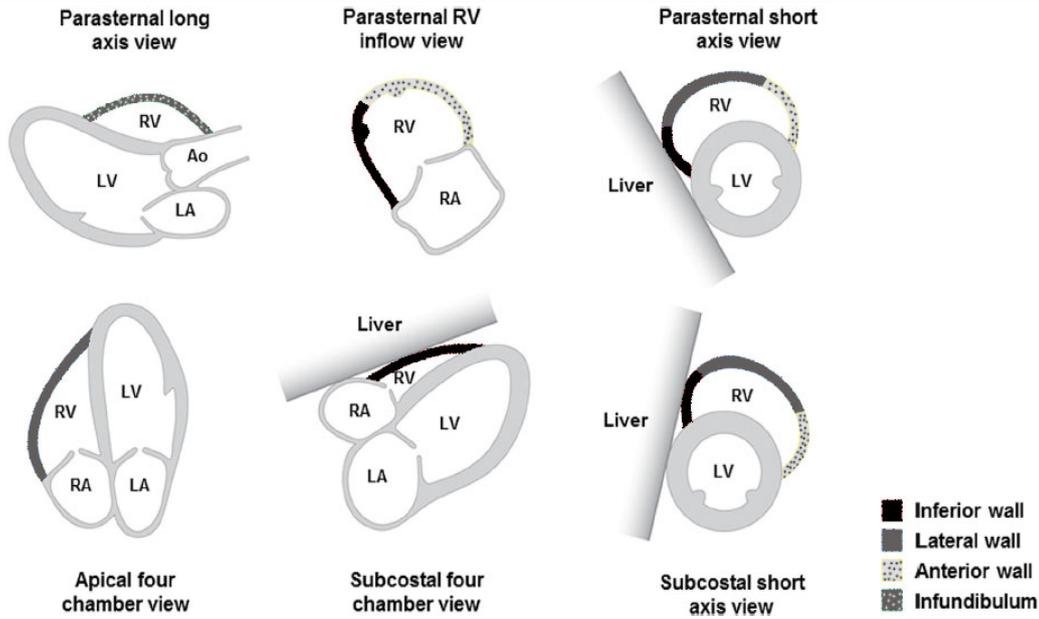
في رباعي فالو يحدث تسمك في جدار البطين الأيمن وخاصة طبقة الألياف دائرية الشكل مما يعطيه مظهر مشابه للبطين الأيسر.

تتوزع الألياف العضلية تحت التامورية في مخرج البطين الأيمن بشكل دائري وتشكل القسم الأكبر من جدار المخرج بينما تتوزع الألياف العضلية تحت الشغافية بشكل طولي (إما متوازية أو متشابكة) وتمتد لتشكل التربيق الحافوي الحاجزي.

2-4- التروية الشريانية للبطين الأيمن

من خلال مقاطع صور الإيكو يقسم البطين الأيمن إلى أربعة أقسام: المخرج أو القمع، الجدار الأمامي، الجدار الجانبي، الجدار السفلي.

(1) المخرج يتلقى تروية مزدوجة من شريان المخروط conus فرع الشريان الإكليلي الأيمن ومن فروع من الشريان الأمامي النازل، (2) الجدار الأمامي يتلقى تروية مزدوجة من الشريان الهامشي الحاد فرع الشريان الإكليلي الأيمن ومن فروع من الشريان الأمامي النازل، (3) الجدار السفلي يتلقى تروية من فروع صغيرة من الشريان الهامشي الحاد ومن الشريان الخلفي النازل (بالإضافة لفروع حاجزية من الخلفي النازل تروي القسم السفلي من الحجاب بين البطينين)، (4) الجدار الجانبي يتلقى تروية من الشريان الهامشي الحاد فرع الشريان الإكليلي الأيمن¹¹. يظهر الشكل 7 الأقسام الأربعة للبطين الأيمن. إن التروية المزدوجة لكل من المخرج والجدار الأمامي يجعلهما الأكثر مقاومة لنقص التروية بينما يكون الجدار السفلي الأكثر حساسية لنقص التروية والجدار الجانبي متوسط الحساسية لنقص التروية.



الشكل 7 الأقسام الأربعة للبطين الأيمن

2-5- الفروقات التشريحية والوظيفية بين البطين الأيسر والأيمن

يظهر الجدول 1 الفروقات التشريحية والوظيفية بين البطين الأيسر والأيمن^{6,11}:

الجدول 1 الفروقات التشريحية والوظيفية بين البطين الأيسر والأيمن

المواصفات	البطين الأيمن	البطين الأيسر
التطور الجنيني	متأخر	باكر
المنشأ الجنيني	الحقل القلبي الثانوي	الحقل القلبي الأولي
البنية	منطقة المدخل، الترابيق العضلية، المخرج أو القمع	لا يوجد مخرج أو قمع، ترابيق عضلية محدودة
الشكل	من الجانب: مثلثي الشكل مقطع معترض: هلالى الشكل	بيضوي الشكل
حجم نهاية الانبساط (م/م/م)	13±75	12±66
سماكة الجدار (م/م)	5-2	11-7
الكتلة (غ/م)	5±26	12±87
الكسر القذفي (%)	<45%	<55%
اتجاه الألياف العضلية	تحت التامور: دائرية تحت الشغاف: طولية	تحت التامور: مائلة تحت الشغاف: طولية الطبقات المتوسطة: دائرية
الضغط الانقباضي/الانبساطي (م/م)	4/25	8/130
نمط التقلص	بشكل أساسي طولاني	التوائي ودوراني
فيزيولوجيا التقلص	مقاومة وعائية منخفضة، مضخة منخفضة الضغط	مقاومة وعائية عالية، مضخة عالية الضغط
التكيف مع الحالات المرضية	أفضل مع حالات زيادة الحجم	أفضل مع حالات زيادة الضغط

3- التشوهات التي تصيب مخرج البطين الأيمن

بسبب البنية المعقدة لمخرج القلب الأيمن واشتراك عدة أنواع من الخلايا في تكوينه وانقسامه فإنه يعتبر من أشيع الأماكن التي تحصل فيها التشوهات الجنينية (الجدع الشرياني المشترك، البطين الأيمن ثنائي المخرج، تبادل منشأ الأوعية الكبيرة، رباعي فالو) والتي يمكن تفسيرها بالخلل في المناطق التالية:

- خلايا العرف العصبي (خلل بالهجرة أو التكاثر) تسبب عيوب في الانقسام division defect (الحجاب بين البطينين والجدع الشرياني).
- الخلايا العضلية (خلل بالدوران والتوجه) تسبب عيوب في التوضع alignment defect.
- خلايا الشغاف (خلل بالتكاثر) تسبب عيب الوسادة cushion defect.

3-1- تضيق مخرج البطين الأيمن

ينتج عادة تضيق مخرج البطين الأيمن عن أمراض الصمام الرئوي رغم عدم ندرة التضيق تحت الصمامي أو فوق الصمامي. يكون تضيق مخرج البطين الأيمن هاماً عندما يتجاوز الممال الأعظمي بين البطين الأيمن والشريان الرئوي 25 ملم زئبقي ويقسم تضيق مخرج البطين الأيمن إلى تضيق ثابت fixed عندما لا تتغير أبعاد المخرج بين الانقباض والانبساط، وتضيق ديناميكي dynamic عندما تزداد أبعاد المخرج بالانبساط. إن ضخامة البطين الأيمن الناتجة عن تضيق مخرج البطين الأيمن تساعده بالحفاظ على وظيفته الانقباضية لعدة سنوات حتى عند اقتراب الضغط في البطين الأيمن من الضغط الجهازى. عادة تحصل الأعراض عند تجاوز الضغط في البطين الأيمن 50% من الضغط الجهازى (برغم إمكانية حدوثها قبل ذلك).

يبقى التصوير بالأموح فوق الصوتية هو الطريقة المثلى لتشخيص التضيق والممال عبر المخرج، ويمكن للمرنان أو الطبقى تقديم معلومات عن حركية الصمام، حجم البطين الأيمن ووظيفته، وجود توسع ما بعد التضيق، وجود تضيق تحت الصمام الرئوي والأمراض المسببة للتضيق في بعض الأحيان¹². يظهر الجدول 2 أسباب تضيق مخرج البطين الأيمن عند البالغين.

الجدول 2 أسباب تضيق مخرج البطين الأيمن عند البالغين

نوع التضيق	الأسباب
أ-الولادية	
1- الجذعية truncal	
فوق الصمامية	تشوه زجاج الساعة hour-glass deformity، غشاء الجذع الرئوي، تضيق الجذع الرئوي، تضيق شريان رئوي محيطي، المرافق لبعض المتلازمات (Alagille, Williams and Keutel syndromes)
الصمامية	الصمام بشكل القبة dome، عسر التصنع، ثنائي الشرف أو أحادي الشرفة
2- Conal	
داخلي	رباعي فالو
خارجي	أم دم جيب فالسالفاف، أم دم الحجاب بين البطينين الغشائي
3- subconal	البطين الأيمن ثنائي الحجر
ب-تضيق بعد الجراحة	الصمام الصناعي، تضيق شريان رئوي محيطي، رباعي فالو
ج-مكتسبة	فرط التصنع (تضيق الرئوي، ارتفاع التوتر الرئوي)، الكتل، أمهات الدم والأورام الدموية الضاغطة على المخرج

3-1-1-1- تضيق الصمام الرئوي

تضيق الصمام الرئوي المعزول غالباً هو مرض وراثي، وقد يكتشف صدفة بدون أعراض. أنواع تضيق الصمام الرئوي:

يقسم تضيق الصمام الرئوي إلى ثلاث أنواع:

1- الصمام بشكل القبة dome shape:

- شائع جداً (80-90% من آفات المخرج الولادية).

- وراثية عائلية قليلة

- يكون الصمام متحرك ومؤلف من 2-4 رفاء raphe بدون انفصال كامل الشرفات cusp

- يعالج عادة بالتوسيع بالبالون

2- عسر التصنع:

- يشكل 10-20% من الحالات

- ثلاثي الوريقات مع تسمك هام فيها وتحدد بحركة الصمام

- يترافق مع نقص تصنع الوصل البطيني الشرياني ومتلازمة نونان

- يعالج عادة بالجراحة وأحياناً بالتوسيع بالبالون

3- ثنائي الشرف أو أحادي الشرفة:

- نادر

- عادة غير عرضي

- يترافق عادة مع تشوهات قلبية أخرى

يلخص الجدول 3 أنواع تضيق الصمام الرئوي

الجدول 3 أنواع تضيق الصمام الرئوي

ثنائي أو أحادي الشرفة	عسر التصنع	الصمام بشكل القبة	
نادر	10-20%	شائع جداً (80-90%)	الشيوع
ثنائي الشرف أو أحادي الشرفة	متحدد ومتسمك الوريقات	متحرك	مواصفات الصمام
تشوهات قلبية أخرى	نقص تصنع الوصل البطيني الشرياني	وراثية عائلية قليلة	المرافقات
علاج التشوهات الأخرى	عادة جراحة	عادة توسيع بالبالون	العلاج

يسبب تضيق الصمام الرئوي المزمن ضخامة في البطين الأيمن وخاصة مخرج البطين، وعندما تزداد هذه الضخامة نحصل على تضيق تحت صمامي وتكمن الصعوبة في التمييز بين التضيق الصمامي (المزمن) والتضيق تحت الصمامي (الناتج عن الضخامة)، وعادة يرافق التضيق تحت الصمامي التضيق الصمامي المزمن الشديد ويسبب تأخر في موجة الجريان عبر الرئوي late-peaking jet بينما قد يترافق التضيق الصمامي مع توسع ما بعد التضيق في الجذع الرئوي.

علاج تضيق الصمام الرئوي:

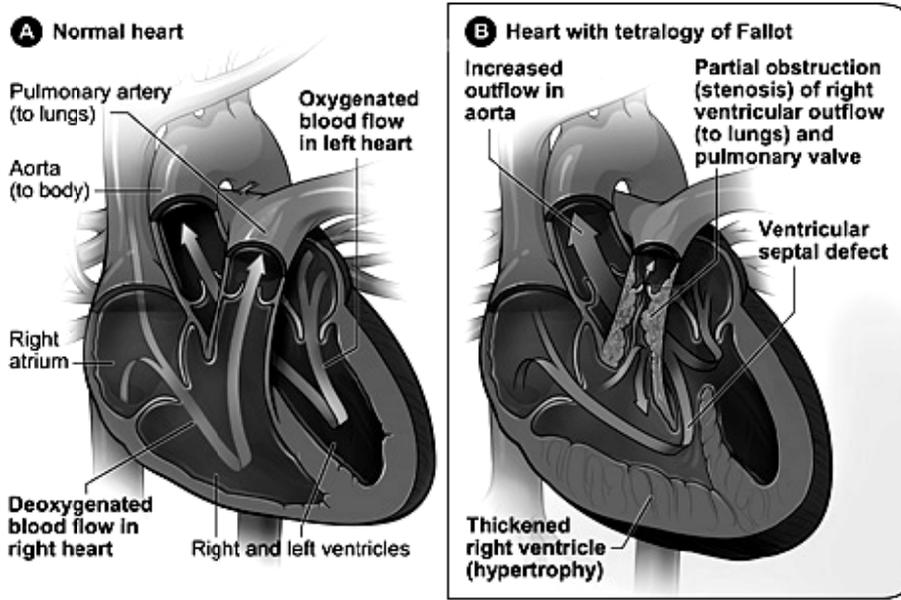
◆ التوسيع بالبالون: يعتبر عادة علاجاً للصمام بشكل القبة ويستطب في حال كون الممال الأعظمي عبر الصمام أكثر من 50 ملم زئبقي ويعتبر إجراء ناجح عند الحصول على ممال أعظمي أقل من 30 ملم زئبقي.

القسم النظري

- ♦ الجراحة: تعتبر عادة علاج لعسر تصنع الصمام الرئوي ويمكن من خلالها إصلاح نقص تصنع الوصل البطيني الشرياني في حال وجوده.
- ♦ استبدال الصمام: في حال ترافق التضيق الصمامي مع قصور صمامي مهم يصبح تبديل الصمام أمر مستطب وهنا يفضل الصمام الحيوي أو الطعم الذاتي بدلاً من الصمام الصناعي بسبب الأهبة العالية للخطر.
- ♦ زرع الصمام عبر القثطرة: تم تطويرها مؤخراً لتشمل علاج تضيق الصمام الرئوي.

3-1-2- رباعي فالو

يتألف رباعي فالو من فتحة بين البطينين تحت أبهرية كبيرة وتراكب جذر الأبهر فوق الحجاب بين البطينين وضخامة البطين الأيمن وتضيق مخرج البطين الأيمن (تضيق تحت صمامي)¹³. يظهر الشكل 8 مقارنة بين القلب الطبيعي وبين الموجودات المرضية في رباعي فالو.



الشكل 8 مقارنة رباعي فالو مع القلب الطبيعي

التضيق تحت الصمامي هو عنصر هام في رباعي فالو وهو ناتج بشكل أساسي عن سوء توزع الألياف العضلية في المخرج بسبب تسمك الترابيق الحاجزية أو التريبيق الحافوي الحاجزي أو الشريط المعتدل مما يعطي المظهر الذي يدعى بالبطين الأيمن ثنائي الحجرات two-chambered RV. يختلف طول القمع تحت الرئوي المتضيق في مرضى رباعي فالو فهو قد يكون قصير أو طويل. ليس من النادر وجود توسع جذر الأبهر وقصور أبهري ثانوي لدى مرضى رباعي فالو كما يلاحظ لديهم تغيرات في البنية النسيجية الداخلية ونقص في مرونة الأبهر الصاعد والصمام الرئوي ويبدو أن الجراحة لا تحسن من هذه التغيرات.

علاج رباعي فالو:

يخضع أغلب مرضى رباعي فالو البالغين في طفولتهم إلى إصلاح جراحي تام أو تلطيفي. يشمل الإصلاح الجراحي التام وضع رقعة من التامور أو البولي إيثيلين لإغلاق الفتحة بين البطينين وإزالة التضيق في مخرج البطين الأيمن. كما يجب معالجة تضيق فروع الشريان الرئوي (خاصة في حال وجود قصور صمام رئوي) بالتوسيع بالبالون مع أو بدون زرع شبكة.

2-3- البطين الأيمن ثنائي الجوف Double-chambered RV

يتميز البطين الأيمن ثنائي الجوف بتضيق تحت القمع بسبب ضخامة مرضية بالتربيق الحافوي الحاجزي septomarginal trabeculations أو بالشريط المعتدل moderator band فينقسم البطين الأيمن إلى جوفين أحدهما قريب ويكون مرتفع الضغط والآخر بعيد ويكون منخفض الضغط وتميل شدة التضيق في البطين ثنائي الجوف إلى الزيادة مع مرور الزمن¹³.
يترافق البطين الأيمن ثنائي الجوف عادة مع فتحة بين البطينين غشائية perimembranous VSD ويتم تشخيصه بالإيكو أو المرنان القلبي حيث يتم رؤية مكان التضيق وشدته والممال عبره ووجود الفتحة بين البطينين.

علاج البطين الأيمن ثنائي الجوف:

استطباب الجراحة في البطين ثنائي الجوف مشابه لتضيق الرئوي حيث الممال الأعظمي أكثر من 50 ملم زئبقي، ويتم العمل الجراحي عبر استئصال جزئي للتربيق العضلية المسببة للتضيق وإصلاح الفتحة بين البطينين وهو عمل جراحي ذو إنداز جيد ومعدل نكس قليل على المدى البعيد.

3-3- البطين الأيمن ثنائي المخرج double-outlet RV

البطين الأيمن ثنائي المخرج هو نوع من أنواع التشوهات التي تصيب منطقة الوصل البطيني الشرياني حيث يخرج كل من الرئوي والأبهر كلياً أو جزئياً (أكثر من 50% من الحالات) من البطين الأيمن. حديثاً تم تصنيف البطين الأيمن ثنائي المخرج إلى أربعة أقسام بناء على التظاهرات السريرية والعلاج الجراحي وهي:

نمط الفتحة بين البطينين VSD type (يمثل 24% من الحالات)

نمط رباعي فالو TOF type (يمثل 36% من الحالات): عادة فتحة بين البطينين تحت أبهرية مع تضيق صمام رئوي.

نمط تبادل منشأ الأوعية TGA type (يمثل 18% من الحالات): عادة فتحة بين البطينين تحت رئوية دون تضيق صمام رئوي مع تبادل بمنشأ الأبهر والرئوي.

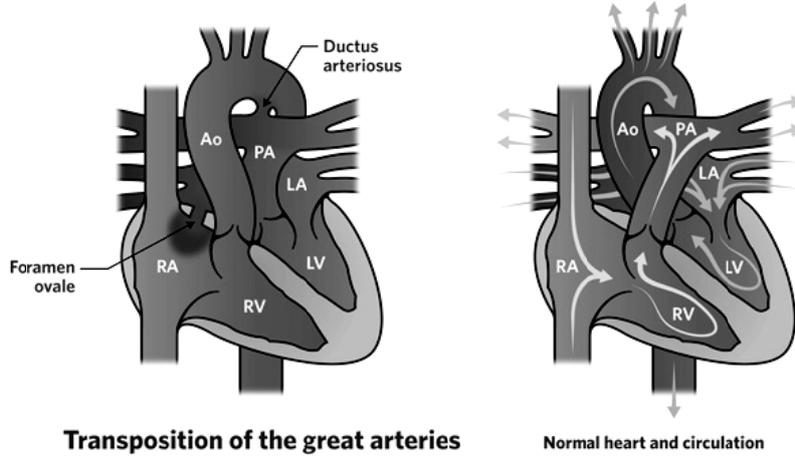
نمط بدون الفتحة بين البطينين DORV noncommitted VSD (يمثل 22% من الحالات)

علاج البطين الأيمن ثنائي المخرج:

يختلف علاج البطين الأيمن ثنائي المخرج حسب النمط ففي نمط الفتحة بين البطينين يتم إغلاق الفتحة بين البطينين وإصلاح المخرج بحيث يعود الصمام الأبهر وجذر الأبهر كجزء من مخرج البطين الأيسر، بينما في نمط رباعي فالو يتم إغلاق الفتحة بين البطينين وإصلاح تضيق الصمام الرئوي. يتم إصلاح تبادل الأبهر والرئوي وإغلاق الفتحة بين البطينين في نمط تبادل منشأ الأوعية، بينما يكون إصلاح النمط بدون الفتحة بين البطينين معقد جداً¹³.

4-3- تبادل منشأ الأوعية الكبيرة التام Complete Transposition of the Great Arteries (TGA)

يحصل في تبادل منشأ الأوعية الكبيرة التام افتراق بطيني شرياني حيث ينشأ الأبهر من البطين الأيمن تشريحياً morphologic وينشأ الرئوي من البطين الأيسر تشريحياً كما يظهر الشكل 9. يختلف توضع الأبهر نسبة إلى الرئوي ففي أكثر من نصف الحالات يكون الأبهر أمام وأيمن الشريان الرئوي وتتوازي الشرايين الكبيرة (الأبهر والرئوي) بدلاً من كونها متصالبة في القلب الطبيعي، ويعتبر توضع الأبهر أمام الرئوي ثاني أشيع توضع بينما يكون التوضع الأندر هو توضع الأبهر جنباً إلى جنب الرئوي (حيث يكون الأبهر أيمن وأمام الصمام مثلث الشرف)⁷.

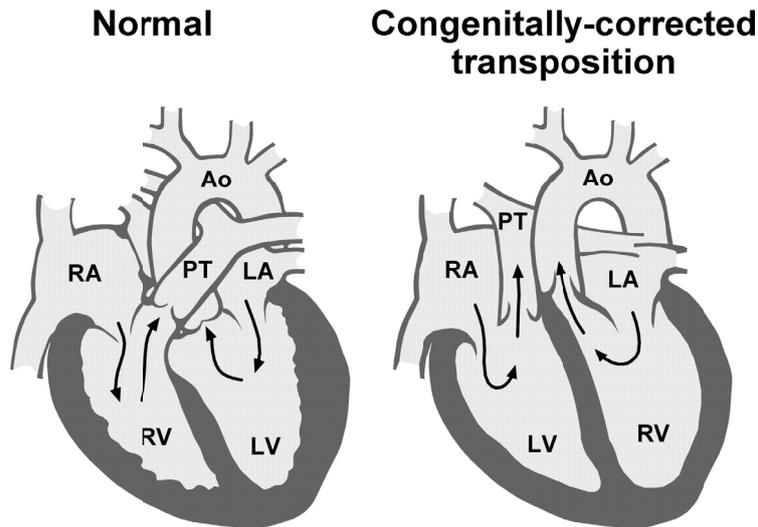


الشكل 9 مقارنة بين تبادل منشأ الأوعية الكبيرة التام والقلب الطبيعي

علاج تبادل منشأ الأوعية الكبيرة التام: يتم علاج تبادل منشأ الأوعية الكبيرة التام جراحياً عبر نقل الشريان الرئوي ليصبح أمام الأبهري وبإعادة زرع الشرايين الإكليلية على الأبهري في مكانها الصحيح. تشمل اختلاطات العمل الجراحي كل من تشوه مخرج البطين الأيمن والشرايين الرئوية، توسع جذر الأبهري، قصور الأبهري، تضيق الشرايين الإكليلية.

5-3- تبادل منشأ الأوعية الكبيرة المصحح خلقياً Congenitally corrected TGA

يجري الدم في تبادل منشأ الأوعية الكبيرة المصحح خلقياً بمساره الطبيعي لكن عبر البطين الخاطئ حيث تتصل الأذينة اليمنى مع البطين الأيسر تشريحياً morphologic عبر الصمام التاجي ثم إلى الدوران الرئوي ثم الأذينة اليسرى التي تتصل مع البطين الأيمن تشريحياً عبر الصمام مثلث الشرف ثم إلى الدوران الجهازي كما يظهر الشكل 10. وفي أغلب الحالات يكون توضع الأبهري أمامياً نسبة إلى الرئوي⁷.



الشكل 10 مقارنة بين تبادل منشأ الأوعية الكبيرة المصحح خلقياً والقلب الطبيعي

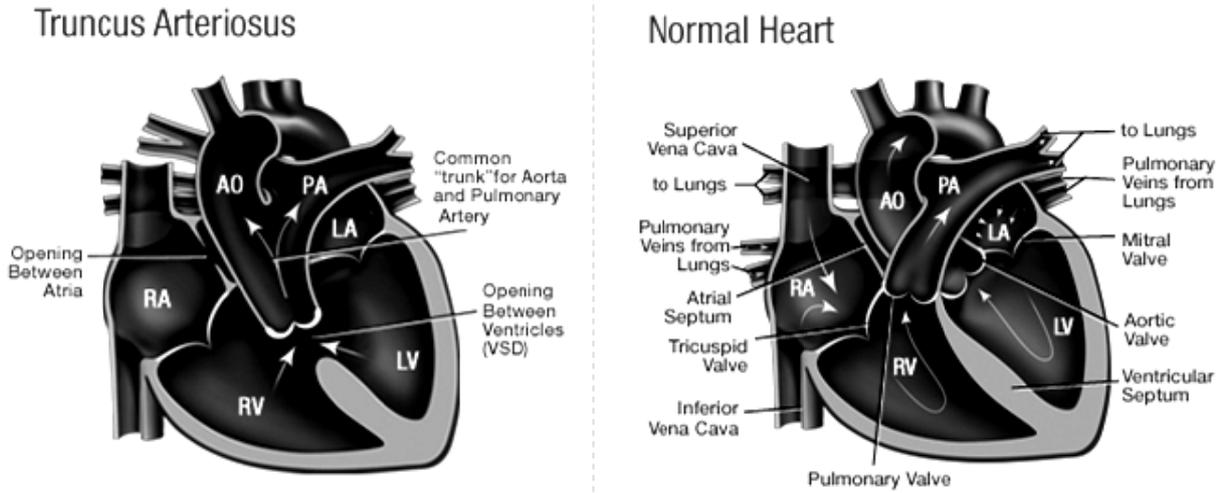
ينتج عن هذا التشوه قصور في البطين الأيمن التشريحي (البطين الجهازي وظيفياً) وقصور في الصمام مثلث الشرف (الصمام الأذيني البطيني الجهازي).

علاج تبادل منشأ الأوعية الكبيرة المصحح خلقياً:

يوصى بمراقبة دورية لوظيفة البطين الجهازي كل عدة سنوات، وأغلب المراكز التخصصية لا تنصح بالتداخل الجراحي الوقائي في حال بقاء وظيفة البطين الجهازي جيدة دون قصور هام بالصمام مثلث الشرف ودون تشوهات قلبية مرافقة أخرى⁷.

3-6- الجذع الشرياني المشترك Truncus arteriosus

ينشأ الجذع الشرياني المشترك كاجتماع لمخرجي البطين الأيسر والأيمن حيث يوجد صمام وحيد يدعى صمام الجذع truncal valve يليه الجذع الشرياني المشترك الذي هو يعطي الشرايين الرئوية والجهازية والإكليلية، وعادة توجد فتحة كبيرة بين البطينين تحت الجذع الشرياني المشترك كنتيجة لغياب الحجاب القمعي الذي يفصل مخرجي البطينين عن بعضهما البعض كما يظهر الشكل 11.



الشكل 11 مقارنة بين الجذع الشرياني المشترك والقلب الطبيعي

يختلف عدد شرف صمام الجذع بين مريض وآخر فهو يتراوح بين الصمام أحادي الشرف وصمام ذو ستة شرف لكن في أغلب الحالات يمتلك صمام الجذع ثلاث شرف. يقسم تشوه الجذع الشرياني المشترك إلى عدة أنواع بناء على منشأ الشرايين الرئوية¹³.

علاج الجذع الشرياني المشترك:

يكون علاج الجذع الشرياني المشترك جراحي عبر إغلاق الفتحة بين البطينين وفصل الشرايين الرئوية وإعادة ربطها بصمام يتوضع عند مخرج البطين الأيمن.

أغلب المرضى يخضعون لعمل جراحي ثاني بعد حوالي عشر سنوات من الإصلاح الجراحي بسبب حجم المخرج الصغير أو القصور الصمامي.

3-7- تندب مخرج البطين الأيمن RVOT Myocardial Scar

إن وجود ندبة على الطبقي أو المرنان في البطين الأيمن بعد عمليات الجراحة لإصلاح التشوهات القلبية الولادية هو أمر شائع، وبأغلب الأحيان تتوضع هذه الندبة في منطقة الرقعة (رقعة الفتحة بين البطينين مثلاً) أو منطقة شق البطين الأيمن ventriculostomy أو في مخرج البطين الأيمن.

إن وجود ندبة أو رقعة في مخرج البطين الأيمن يؤهب predispose لحدوث اللانظميات القلبية ويؤثر بشكل هام على وظيفة البطين الأيمن وآلية انقباضه وخاصة في العمليات الجراحية لإصلاح رباعي فالو⁷.

4- فزيولوجيا وظيفة البطين الأيمن الانقباضية

4-1- اختلاف أقسام البطين الأيمن في وظيفته الانقباضية

من الصعب تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية بشكل كلي بسبب تعقيد بنية وقلوصية مخرج ومدخل البطين الأيمن. يساهم مدخل البطين الأيمن بشكل أكبر من المخرج في الوظيفة الكلية للبطين الأيمن، يشكل مخرج البطين الأيمن 20% من حجم البطين ويساهم بحوالي 15% من الكسر القذفي الكلي ejection fraction للبطين الأيمن.

يتشكل نتاج البطين الأيمن أثناء الانقباض من حركية شبيهة بالتمعجات المعوية peristaltic-like motion حيث يتأخر المخرج عن المدخل بأكثر من 15% من زمن الدورة القلبية، وقد يغيب هذا الشكل في ارتفاع التوتر الرئوي حيث يصل المخرج والمدخل لأقل حجم معاً.

يتم حساب نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن RVOT fractional shortening كنسبة مئوية لتقاصر المسافة بين الجدار الأمامي والخلفي لمخرج البطين الأيمن أثناء الانقباض نسبة إلى هذه المسافة أثناء الانبساط. يتم حساب معدل الانزياح الطولي للبطين الأيمن أثناء الانقباض right ventricular systolic long-axis excursion بحساب الفارق بين الانقباض والانبساط في طول البطين الأيمن من حلقة مثلث الشرف إلى القمة بالمقطع رباعي الأجواف بالإيكو.

بينت صور الطبقي المحوري أن قطر مخرج البطين الأيمن (المسافة بين الجدار الأمامي والخلفي لمخرج البطين الأيمن) ومساحة المخرج بالمقطع المعترض أثناء الانقباض تكون أكبر عند مرضى فرط التوتر الرئوي منها عند الأشخاص الطبيعيين، بينما لا تختلف هذه البيانات أثناء الانبساط وهكذا تكون نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن أقل لدى مرضى ارتفاع التوتر الرئوي من الطبيعي. قد تنخفض نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن باكراً لدى مرضى ارتفاع التوتر الرئوي بينما يبقى معدل الانزياح الطولي للبطين الأيمن أثناء الانقباض right ventricular systolic long-axis excursion طبيعي، وهكذا تستخدم نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن كمشعر مبكر لتقييم وظيفة البطين الأيمن لدى مرضى ارتفاع التوتر الرئوي.

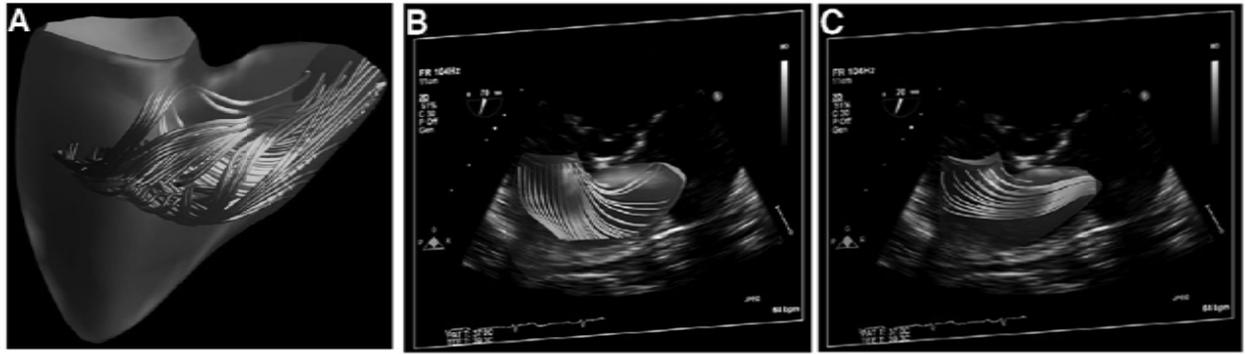
4-2- البطين الأيمن كمضخة المكبس piston pump

يعتقد أن تقاصر البطين الأيمن بالمحور الطولاني له عبر حركته على محور قمة-قاعدة (مثل مضخة المكبس Piston Pump) يلعب الدور الأهم في حجم الضربة مقارنة مع تقاصر البطين الدائري بالمحور القصير له. وهكذا فقد تم إيجاد عدة طرق لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية بالإيكو عبر قياس تقاصر البطين الأيمن بالمحور الطولاني مثل معدل الانزياح الطولي للبطين الأيمن أثناء الانقباض TAPSE (tricuspid annular plane systolic excursion) وسرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي¹⁴.

على كل الأحوال تبقى وظيفة البطين الأيمن مقبولة حتى في غياب فعالية الجدار الحر للبطين الأيمن حيث يمكن استئصاله واستبداله برقعة صناعية طالما وظيفة البطين الأيسر جيدة¹⁴.

4-3- البطين الأيمن كدافعة ميكانيكية دوارة vortex impeller

بخلاف البطين الأيسر فإن البنية التشريحية والفعالية الوظيفية للبطين الأيمن تسبب جريان الدم بشكل سهل داخل البطين الأيمن بدون تشكيل دوامات مستمرة vortex، حيث يتشكل فقط دوامات عابرة بشكل حلقة تحت الصمام مثلث الشرف تزول بشكل سريع خلال الانبساط، وهكذا عبر قياس سرعات الجريان وشكله داخل البطين الأيمن يبدو جريان الدم انسيابي streamlined بشكل كبير¹⁴ كما يظهر في الشكل 12.

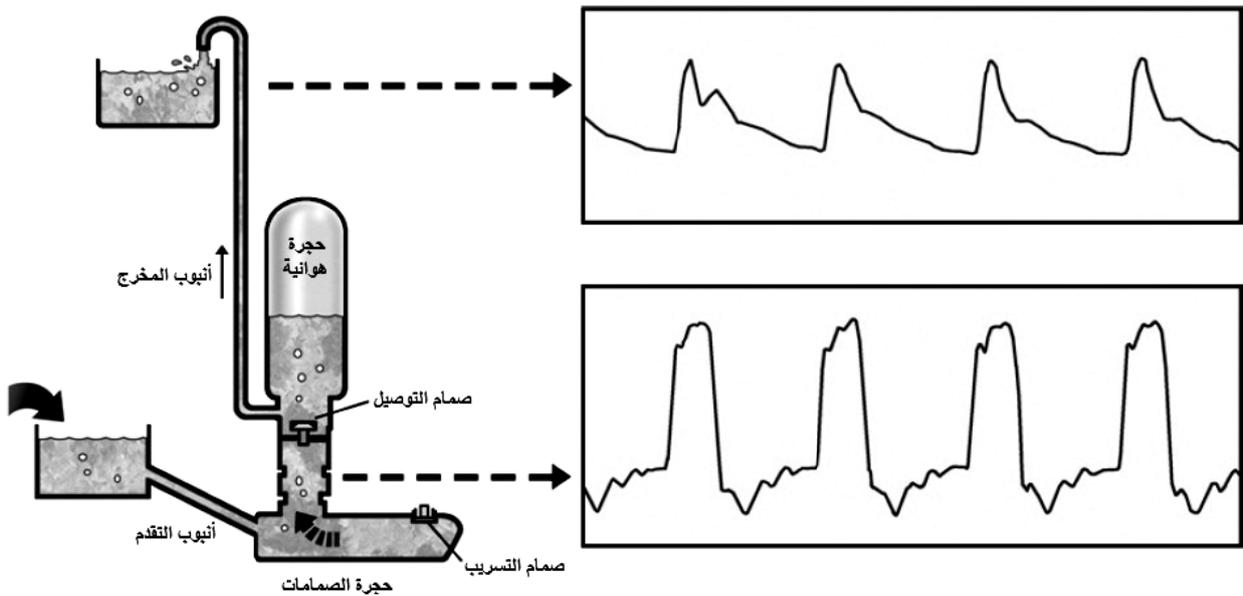


الشكل 12 جريان الدم داخل البطين الأيمن أثناء الانقباض والانبساط
A شكل تمثيلي ثلاثي الأبعاد لجريان الدم داخل البطين الأيمن، B إيكو عبر المري مع ترسيم جريان الدم أثناء الانقباض، C إيكو عبر المري مع ترسيم جريان الدم أثناء الانبساط

4-4- البطين الأيمن كمضخة هيدروليكية hydraulic ram

تم اختراع المضخة الهيدروليكية في القرن السابع عشر كمضخة للماء تعمل بشكل دوري cyclical لنقل الماء من مكان منخفض إلى مكان مرتفع باستخدام أقل طاقة ممكنة عبر إنشاء فرق ضغط ودفع السائل للحركة من الضغط المرتفع إلى الضغط المنخفض.

كما يظهر الشكل 13 يتدفق الماء في المضخة الهيدروليكية عبر أنبوب التقدم إلى حجرة الصمامات بتأثير الجاذبية مكتسباً طاقة حركية ويستمر حتى يزداد الضغط في الحجرة ليسبب اغلاق صمام التسريب، مما يدفع الماء بعد انغلاق صمام التسريب باتجاه الأعلى ليفتح صمام التوصيل ويجبر الماء على التدفق نحو أنبوب التوصيل الذي يحتوي في نهايته على حجرة هوائية تتحكم بالضغط فيه. مع تقدم الماء في أنبوب التوصيل ينضغط الهواء في الحجرة الهوائية ثم يتمدد من جديد ليدفع الماء من الحجرة الهوائية نحو أنبوب المخرج وليغلق صمام التوصيل من جديد مما يوقف حركة الماء في حجرة الصمامات ويتم فتح صمام التسريب لتعاد الدورة من جديد¹⁴.



الشكل 13 آلية عمل البطين الأيمن كمضخة هيدروليكية
يظهر المخطط بالأعلى مخطط الضغط في أنبوب التوصيل وفي الأعلى مخطط الضغط في أنبوب المخرج

القسم النظري

يكون الجريان الدموي في البطين الأيسر بشكل دوامات مستمرة وهكذا فإنه لا يناسب آلية عمل المضخة الهيدروليكية بينما وبسبب الجريان الانسيابي للدم كما ذكرنا في البطين الأيمن فإن البطين الأيمن يعمل كمضخة هيدروليكية محولاً الجريان المستمر الوارد إليه إلى جريان نبضي وهكذا نحصل على مخطط للضغط في البطين الأيمن مماثل لأنبوب التوصيل في المضخة الهيدروليكية ومخطط ضغط في الشريان الرئوي مماثل لأنبوب المخرج في المضخة الهيدروليكية.

4-5- دور البطين الأيسر في وظيفة البطين الأيمن

يلعب البطين الأيسر دوراً في وظيفة البطين الأيمن الانقباضية حيث تزداد سماكة الحجاب بين البطينين بشكل متساوي باتجاه البطين الأيسر والأيمن إضافة إلى تقاصر الحجاب على المحور الطولاني (محور قمة-قاعدة) وهكذا يشكل الحجاب 60% من القوة الانقباضية للبطين الأيمن¹⁵. وإذا فهمنا وظيفة البطين الأيمن كمضخة هيدروليكية يمكن القول إن الحجاب بين البطينين يلعب دور الحجرة الهوائية في المضخة. يتأثر موقع الحجاب في نهاية الانبساط بالحمل القلبي للبطين الأيمن ويؤثر هذا سلباً في حركة الحجاب خلال الانقباض وهذا يبدو جلياً في التصوير بالأموح فوق الصوتية حيث يندفع الحجاب بين البطينين في فرط الحمل القلبي للبطين الأيمن نحو البطين الأيسر فيظهر البطين الأيسر بشكل حرف D في نهاية الانبساط وتتأثر حركة الحجاب الانقباضية مما يسبب نقص في وظيفة البطين الأيمن الإجمالية. وهكذا يتشكل توازن بين القوى في جدار البطين الأيسر وفي جدار البطين الأيمن وفي الحجاب بين البطينين وإن تغيير أي من هذه الجدر الثلاثة قد يؤثر على البقية.

يفتح الصمام مثلث الشرف قبل الصمام التاجي مما يعطي الأفضلية للبطين الأيمن ليوجه الجريان الدموي باتجاه الحجاب بين البطينين كما يستمر القذف في البطين الأيمن لما بعد القذف في البطين الأيسر مما يسمح لمحصلة قوة الدم في الجانب الأيسر من الحجاب بالتأثير إيجاباً على القذف في البطين الأيمن. أظهرت بعض التجارب أن قطع الجدار الحر للبطين الأيسر يسبب نقص ضغط البطين الأيمن بحوالي 45% وهكذا يقدر بأن حوالي 50% من الجهد الميكانيكي للبطين الأيمن ينتج عن تقلص البطين الأيسر وأن الجدار الحر للبطين الأيسر يلعب دور هام في وظيفة البطين الأيمن الانقباضية⁶.

إن من المألوف اعتبار كل من البطين الأيسر والبطين الأيمن كياناً مستقلاً لكن هذه النظرية تتداعى تدريجياً، فالبطينين مرتبطان معاً بالحجاب بين البطينين ويتشاركان في التامور وحتى في الألياف العضلية كما أن وظيفة كل من البطينين مرتبطة بالآخر سواء في القلب الطبيعي أو المريض. ففي مرضى ارتفاع التوتر الرئوي يحصل نقص في نتاج البطين الأيسر والسبب إضافة إلى نقص نتاج البطين الأيمن يعود لاندفاع الحجاب بين البطينين باتجاه البطين الأيسر مما يؤثر على ضغوط الامتلاء في البطين الأيسر¹⁶.

4-6- دور الأذينة اليمنى في وظيفة البطين الأيمن

يشكل الدم المتدفق من الأجوف العلوي والأجوف السفلي دوامات في الأذينة اليمنى، وبسبب الخصائص الشكلية والوظيفية للأذينة اليمنى ودورها كجوف يتوسع ويستقبل الدم خلال الانقباض البطيني فإن تدفق الدم يستمر إلى الأذينة اليمنى حتى عندما يكون الصمام مثلث الشرف مغلقاً. ولولا هذا الدور الهام للأذينة اليمنى فإن انغلاق الصمام مثلث الشرف كان تسبب بتوقف جريان الدم عبر الأجوفين وارتفاع الضغوط في الجهاز الوريدي وأذيته. وإن هذا الدور الهام للأذينة اليمنى كجوف يتوسع ليستقبل الدم ما زال قيد الدراسة.

4-7- دور مخرج البطين الأيمن

هناك عدة أسباب لكون مخرج البطين الأيمن أطول من مخرج البطين الأيسر: أولاً: يؤمن مخرج البطين الأيمن الطويل مساحة سطح أكبر للتداخل بين البطين الأيسر والأيمن.

ثانياً: يعطي جريان الدم عبر الضغط من جسم البطين الأيمن باتجاه المخرج (الطويل والأقل قطرًا) سرعة أكبر لهذا الجريان ليكون جريان مندفع propulsive jet.
 ثالثاً: يؤمن الجريان عبر مخرج البطين الأيمن الطويل تدفق انسيابي وحلزوني وهذا الجريان الحلزوني يمكن رؤيته باستخدام المرنان القلبي في مخرج البطين الأيمن وفي الشرايين الرئوية، وهذا التدفق الحلزوني (كما في أسطوانة المسدس) يعطي ثباتية أفضل واضطراب أقل للجريان.

4-8- تأقلم البطين الأيمن مع زيادة الحمل البعدي

تتأثر وظيفة البطين الأيسر والأيمن بالحمل القلبي والبعدي لكن البطين الأيمن أكثر تأثراً بالحمل البعدي بكثير من البطين الأيسر، فالتغيرات الصغيرة في المقاومة الوعائية الرئوية (التي تتجلى بارتفاع متوسط في ضغط الطرق الهوائية الوسطي أثناء التهوية الآلية إيجابية الضغط) يمكن أن تنقص من نتاج البطين الأيمن حتى مع الحفاظ على حمل قلبي ثابت. فقد أظهرت التجارب على الحيوانات أن الزيادة المتوسطة في الحمل البعدي (المقاومة الوعائية الرئوية) تسبب نقص شديد في نتاج البطين الأيمن بعكس البطين الأيسر والذي يحتمل مقاومة أكبر لزيادة الحمل البعدي (المقاومة الوعائية الجهازية) بشكل شديد تنقص نتاج البطين الأيسر بشكل متوسط. وهذا يعكس سريراً على المرضى فنجد تحمل جيد للمرضى لارتفاع المقاومة الوعائية الجهازية لأرقام عالية بينما يتظاهر غالباً مرضى ارتفاع المقاومة الوعائية الرئوية الحاد (كما في القصور الرئوي الحاد) بأعراض قصور قلب أيمن مع انخفاض النتاج القلبي الكلي.
 ورغم ما ذكرناه عن تأثر وظيفة البطين الأيمن بزيادة المقاومة الوعائية الرئوية (وخاصة الزيادة الحادة) فإن المتابعة السريرية دلت على أن البطين الأيمن في العديد من الحالات (متلازمة إيزنمنغر، تبادل منشأ الأوعية الكبيرة المصحح خلقياً) يمكنه الحفاظ على وظيفة جيدة لفترة طويلة رغم زيادة المقاومة الوعائية الرئوية. تزداد سماكة جدر البطين الأيمن كما ذكرنا لدى مرضى إيزنمنغر وهكذا فإن هؤلاء المرضى لديهم وظيفة أفضل للبطين الأيمن ونتاج قلب أيمن أعلى من بقية مرضى ارتفاع التوتر الرئوي رغم كون المقاومة الوعائية لديهم أعلى، وهكذا يبدو أن البطين الأيمن لديه ميل إلى العودة للمواصفات الجنينية للحفاظ على وظيفة جيدة لمواجهة المقاومة الوعائية لعدة سنوات، ففي زيادة الحمل البعدي المزمّن يتم تفعيل تعبيرية expressing بعض الجينات الجنينية التي لا تعمل عادة بعد الولادة مما يسبب تحول التعبيرية من سلاسل الميوزين الثقيلة ألفا إلى السلاسل الثقيلة بيتا وتزداد المستقبلات الأدرينالية وتعبيرية الفوسفوديلاستيراز نمط 5⁶.

وهكذا اختلفت نتائج الدراسات المجراة حول حدوث قصور القلب الأيمن لدى مرضى ارتفاع المقاومة الوعائية الرئوية فبعضها أظهر فقط زيادة في سماكة البطين الأيمن وزيادة في القلوصية كاستجابة لزيادة الحمل البعدي، بينما أظهر بعضها الآخر حدوث قصور القلب الأيمن وتوسعه ونقص حركية جدره وزيادة ضغط نهاية الانبساط فيه.

4-9- وظيفة البطين الأيمن والمخرج في رباعي فالو المصحح جراحياً

تختلف وظيفة الأقسام الثلاثة للبطين الأيمن في رباعي فالو المصحح جراحياً وهنا تبرز أهمية تقييم وظيفة هذه الأقسام كل على حدا بوسائل التصوير المتاحة.

- القسم القمي: يسهم بالقسم الأكبر من الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن وتبقى وظيفته مصانة maintained لدى المرضى ذوي النقص الخفيف إلى المتوسط في وظيفة البطين الأيمن.
- المخرج: يبدي نقص شديد ودائم في الوظيفة بغض النظر عن طبيعة الحمل البعدي للبطين الأيمن.
- المدخل: تبقى وظيفته محتفظ بها reserved بعد الجراحة⁷.

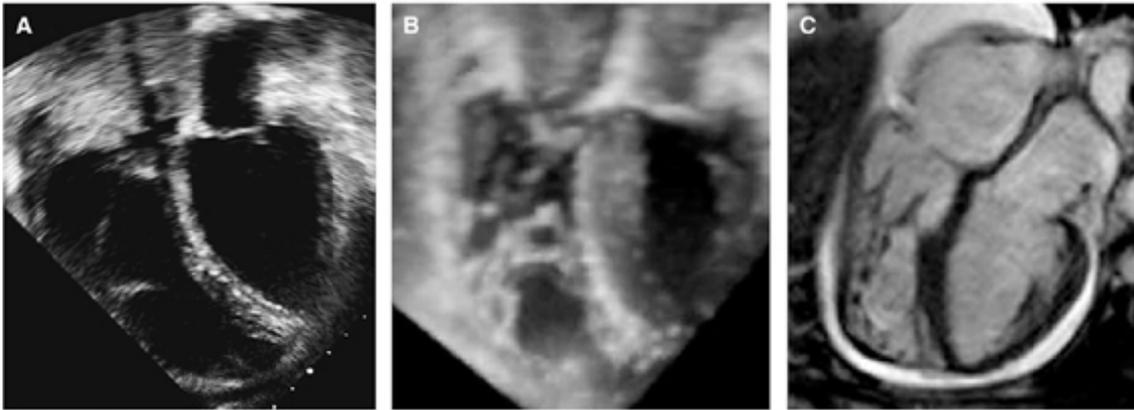
10-4- مخرج البطين الأيمن واللانظميات القلبية

يعتبر مخرج البطين الأيمن مصدر شائع لللانظميات القلبية. يتألف المخرج الجنيني embryonic outflow tract من نسيج ناقل بطيء السرعة يمتد حتى مكان التقاء المخرج مع البطين حيث يصبح سريع النقل. يعتقد أن بقايا المخرج الجنيني الموجودة في مخرج البطين الأيمن لدى البالغين هي المسؤولة عن المواصفات الكهربائية والبنوية التي تجعل من المخرج مصدر شائع لللانظميات القلبية. يعتبر توسع مخرج البطين الأيمن أحد العوامل المؤهبة للتسرع البطيني (وكذلك توسع البطين الأيمن والقصور الرئوي)¹⁷. تتوضع البؤر المسببة للتسرع البطيني عادة في مخرج البطين الأيمن أو مكان ندبات العمل الجراحي (شق البطين الأيمن أو رقعة الفتحة بين البطينين) ولهذا لدى مرضى رباعي فالو معدل أكبر من اللانظميات الأذينية والبطينية.

يلاحظ ترسب النسيج الشحمي fat deposition في مخرج البطين الأيمن في مرضى تسرع المخرج مجهول السبب idiopathic RVOT tachycardia واعتلال البطين الأيمن المولد لللانظميات ARVC (arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy)، ويلاحظ أيضاً لدى 25% من الأشخاص غير العرضيين ويزداد مع تقدم العمر. يمكن أن يترسب النسيج الشحمي في مكان أي ندبة للعمل الجراحي بما فيها عملية روس Ross procedure لكن علاقة هذا النسيج الشحمي بلانظميات المخرج ووظيفة البطين الأيمن بشكل عام ما زالت غير معروفة حتى الآن.

5- أهمية تقييم أبعاد ووظيفة البطين الأيمن

لسنوات عديدة تم الاهتمام بالبطين الأيسر على حساب البطين الأيمن مما اكسب البطين الأيمن صفة البطين المهمل "the neglected chamber". فقط خلال العقود القليلة الماضية بدأ الاهتمام بوظيفة البطين الأيمن وخاصة في بعض الحالات السريرية مثل احتشاء العضلة القلبية¹⁸، قصور القلب^{19,20}، ارتفاع التوتر الرئوي وأمراض القلب الخلقية²¹. الاستقصاءات المستخدمة مثل الأمواج فوق الصوتية والمرنان لعبت دور هام في فهم بنية ووظيفة البطين الأيمن⁸. يظهر الشكل 14 عدة طرق لتقييم البطين الأيمن لدى نفس المريض.



الشكل 14 الطرق المختلفة لتقييم البطين الأيمن عند نفس المريض
A يمثل الإيكو ثنائي البعد، B يمثل الإيكو ثلاثي الأبعاد، C يمثل المرنان.

بفضل كون الأمواج فوق الصوتية إجراء غير غازي ومنتشر بشكل واسع وقليل الكلفة أصبحت حجر الأساس في تقييم البطين الأيمن في الممارسة السريرية. يتم تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية بالإيكو

بعدة طرق ويمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسيين: قسم يقيم الوظيفة بشكل مستعرض transverse وقسم يقيمها بشكل طولي longitudinal، في دراسة أجريت عام 2013 ونشرت نتائجها في عام 2014 تم مقارنة طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية بشكل مستعرض مع طرق التقييم بشكل طولي لدى مرضى ارتفاع التوتر الرئوي بهدف معرفة أيهما يتأثر بالوظيفة الانقباضية للبطين الأيسر وارتفاع التوتر الرئوي وتبين أن طرق الشكل المستعرض كانت منخفضة بشكل هام لدى مرضى ارتفاع التوتر الرئوي مقارنة مع المرضى بدون ارتفاع التوتر الرئوي كما أن هذه الطرق لم تختلف بشكل إحصائي بين وجود قصور القلب الأيسر أو عدمه. بينما طرق الشكل الطولي لم تتأثر بارتفاع التوتر الرئوي لكنها (وخاصة TAPSE) ارتبطت بشكل هام مع انخفاض الوظيفة الانقباضية للبطين الأيسر²¹.

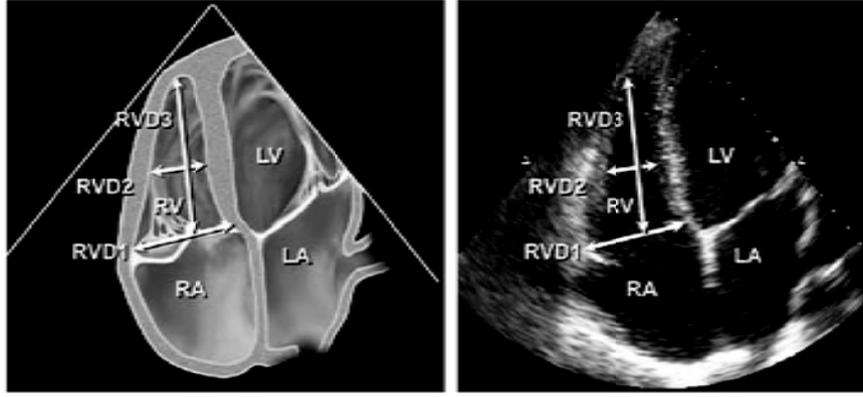
يمتلك التقييم الكمي لأبعاد ووظيفة البطين الأيمن قيمة سريرية هامة في العديد من الأمراض القلبية والصدرية، وقد أثبتت العديد من الدراسات الأهمية الإنذارية لوظيفة البطين الأيمن الانقباضية. إن توسع البطين الأيمن يعتبر العلامة الأولى لزيادة المقاومة الوعائية الرئوية. تعتبر سوء وظيفة البطين الأيمن الانقباضية أحد المشعرات التنبؤية الهامة بالمرضاة والوفيات لدى مرضى الاحتشاء الحاد حتى بغياب احتشاء البطين الأيمن^{22,23}. كما تعتبر الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن مشعر للتنبؤ بالبقيا والانداز عند مرضى قصور القلب الأيسر²⁴⁻²⁷.

5-1- كيفية تقييم أبعاد البطين الأيمن

باستخدام الإيكو ثنائي البعد يمكن قياس البطين الأيمن بالمقطع رباعي الأجواف من النافذة القمية في نهاية الانبساط، يجب أن يظهر البطين الأيمن في هذا المقطع أصغر من البطين الأيسر وعادة يكون أقل من ثلثي حجم البطين الأيمن في هذا المقطع، وهكذا فإن بدي البطين الأيمن أكبر من البطين الأيسر بالمقطع رباعي الأجواف فإنه يكون متوسع بشكل هام. في المقطع رباعي الأجواف عند الشخص الطبيعي يشكل البطين الأيسر القمة apex-forming ventricle ولكن عندما يتوسع البطين الأيمن فإنه يدفع البطين الأيسر وهكذا يصبح هو البطين المشكل للقمة مما يدل على كونه متوسع بشكل متوسط الشدة على الأقل²⁸. من المهم أخذ المقطع المثالي في المقطع رباعي الأجواف والذي يدعى مقطع البطين الأيمن المركز "right ventricle-focused view" وذلك لتقييم الجدار الحر للبطين الأيمن بشكل جيد، ويجب تجنب underestimating عبر تدوير البروب للبحث عن أكبر مقطع للبطين الأيمن وكذلك يجب تجنب overestimation عبر وضع البروب على القمة والتأكيد على ظهور البطين الأيسر بشكل كامل. يجب التأكد من عدم ظهور البطين الأيمن بشكل متقاصر وعدم ارتسام مخرج البطين الأيسر بالمقطع رباعي الأجواف (تجنب المقطع خماسي الأجواف).

بالمقطع رباعي الأجواف يمكن قياس ثلاث أقطار للبطين الأيمن كما يظهر الشكل 15:

- 1- القطر القاعدي basal diameter: هو قطر البطين الأيمن عند مستوى حلقة الصمام مثلث الشرف وهو أكبر قطر معترض للبطين الأيمن والحد الأقصى الطبيعي له هو 4.2 سم.
- 2- قطر منتصف البطين mid diameter: يقاس عند الثلث المتوسط للبطين الأيمن في مستوى العضلات الحليمية للبطين الأيسر.
- 3- القطر الطولاني longitudinal diameter: يمتد من حلقة الصمام مثلث الشرف إلى قمة البطين الأيمن.



الشكل 15 كيفية قياس أقطار البطين الأيمن بالمقطع رباعي الأجواف

RVD1 تمثل القطر القاعدي، RVD2 تمثل قطر منتصف البطين، RVD3 تمثل القطر الطولاني

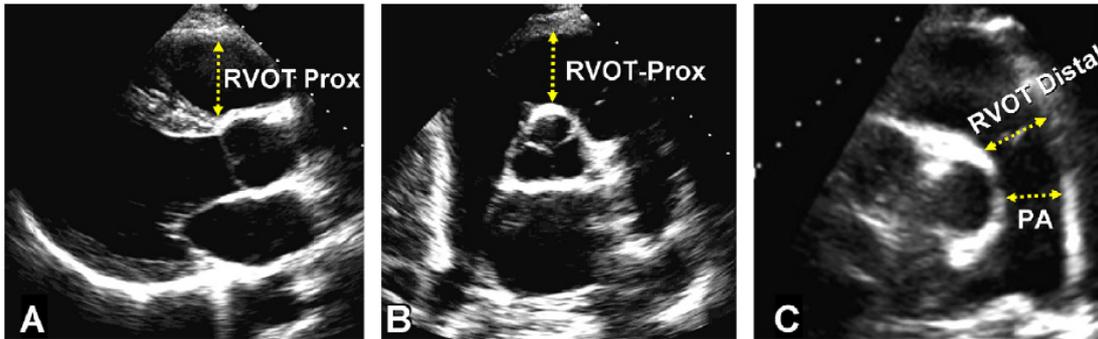
يتم تقييم مخرج البطين الأيمن بواسطة الإيكو من خلال المقطع جانب القص ذو المحور الطويل والمقطع ذو المحور القصير وبالمقطع الشرسوفي ويمكن أيضاً رؤية المخرج لدى الأشخاص النحيلين بالمقطع القمي.

يتم قياس قطر مخرج البطين الأيمن في نهاية الانبساط بالمقطع جانب القص ويجب التأكيد على كون المقاطع مثالية بدون مقاطع مائلة لقياس المخرج، وهناك ثلاث أقطار تحسب عادة كما يظهر الشكل 16:

1- **القطر القريب بالمحور الطويل *PLAX RVOT-Prox***: يقاس بالمقطع جانب القص ذو المحور الطويل وهو يمتد من الجدار الأمامي للصمام الأبهرى إلى الجدار الأمامي للبطين الأيمن والحد الأقصى الطبيعي له هو 3.3 سم.

2- **القطر القريب بالمحور القصير *PSAX RVOT-Prox***: يقاس بالمقطع جانب القص ذو المحور القصير وهو يمتد من الجدار الأمامي للصمام الأبهرى إلى الجدار الأمامي للبطين الأيمن.

3- **القطر البعيد بالمحور القصير *PSAX RVOT-Distal***: يقاس بالمقطع جانب القص ذو المحور القصير بالقرب من الصمام الرئوي والحد الأقصى الطبيعي له هو 2.7 سم. وهو القطر المفضل للقياس خاصة عند حساب حجم الضربة للبطين الأيمن لحساب نسبة الجريان الرئوي على الجهازى Qp/Qs.



الشكل 16 كيفية قياس أقطار مخرج البطين الأيمن

A يمثل القطر القريب بالمحور الطويل، الشكل B يمثل القطر القريب بالمحور القصير، الشكل C يمثل القطر البعيد بالمحور القصير.

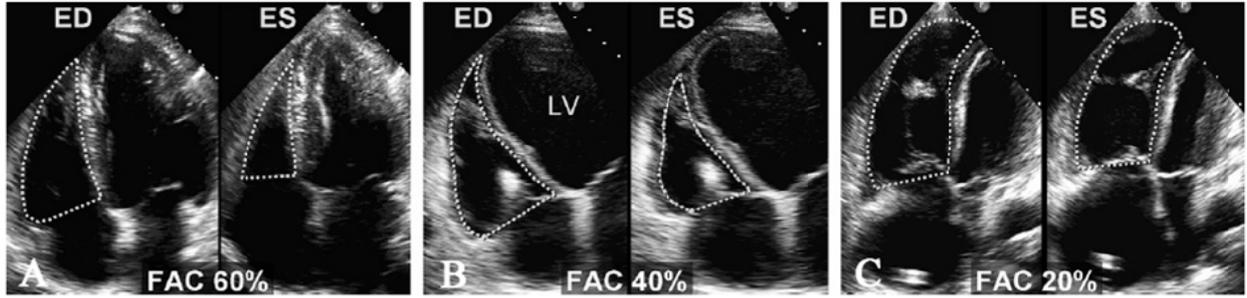
2-5- طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية بالإيكو

1-2-5- نسبة تغير مساحة البطين (FAC) Fractional Area Change

تحسب نسبة تغير مساحة البطين وفق المعادلة:

$$\text{نسبة تغير مساحة البطين} = \frac{\text{مساحة نهاية الانقباض} - \text{مساحة نهاية الانبساط}}{\text{مساحة نهاية الانقباض}} \times 100$$

تحتسب مساحة نهاية الانقباض ومساحة نهاية الانبساط بالمقطع رباعي الأضلاع حيث يتم رسم شغاف البطين الأيمن أثناء نهاية الانقباض ثم أثناء نهاية الانقباض ابتداءً من حلقة الصمام مثلث الشرف مروراً بالجدار الحر للبطين الأيمن نحو القمة ثم الجدار بين البطينين للعودة للحلقة من جديد مع الانتباه إلى رسم الشغاف تحت الترابيق كما يظهر الشكل 17.



الشكل 17 كيفية حساب نسبة تغير مساحة البطين الأيمن

نلاحظ كيف أن حساب مساحة البطين الأيمن في نهاية الانقباض ونهاية الانقباض تتم برسم الشغاف دون ترابيق البطين الأيمن (من تحت الترابيق). A يظهر نسبة تغير مساحة البطين الأيمن 60% دون توسع فيه، B يظهر نسبة تغير مساحة البطين الأيمن 40% مع توسع ملحوظ فيه، C يظهر نسبة تغير مساحة البطين الأيمن 20% مع توسع شديد في البطين الأيمن.

ترتبط نسبة تغير مساحة البطين الأيمن بالكسر القذفي للبطين الأيمن المحسوب بالرنين القلبي وتعتبر القيمة الطبيعية لها هي أكثر من 35%²⁹.

يفضل استخدام هذه الطريقة لدى المرضى ما بعد العمل الجراحي على القلب فقد أثبتت دراسة حديثة نشرت عام 2014 عدم تأثر نسبة تغير مساحة البطين الأيمن FAC لدى المرضى ما بعد العمل الجراحي لتبديل الصمام الأبهرى وذلك على عكس TAPSE التي انخفضت بشكل هام بعد العمل الجراحي لدى هؤلاء المرضى³⁰.

تعتبر نسبة تغير مساحة البطين الأيمن مشعر تنبؤ مستقل لقصور القلب، الوفيات المفاجئة، التشبات الدماغية في الدراسات على مرضى الصمة الرئوية والاحتشاء الحاد.

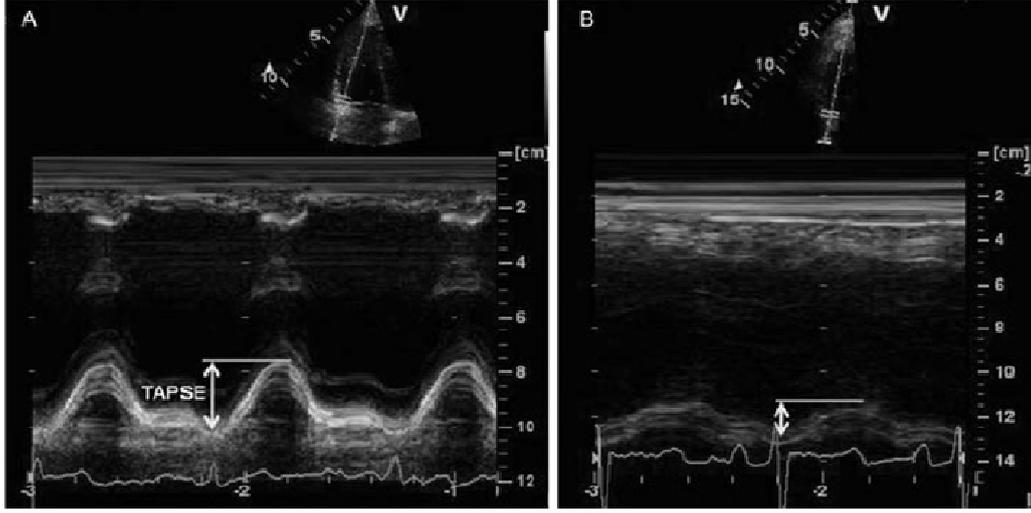
إن السلبية الأهم لحساب نسبة تغير مساحة البطين هي ضرورة وجود حافة واضحة لشغاف البطين الأيمن وهذا يصعب توافره عند المرضى غير الصدييين أو ذوي بطين أيمن كثير الترابيق.³¹

2-2-5- الانزياح الانقباضي لحلقة مثلث الشرف Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE)

(TAPSE)Excursion

يدعى أيضاً حركة حلقة مثلث الشرف (TAM) Tricuspid Annular Motion وهو يمثل حركة قاعدة البطين الأيمن عند مستوى حلقة مثلث الشرف أثناء الانقباض على المحور الطولي للبطين الأيمن، وهو من أوضح الحركات بالإيكو عند الشخص الطبيعي.

يتم حسابه باستخدام M-mode على الجدار الحر لحلقة مثلث الشرف في المقطع رباعي الأجواف ليتم حساب مدى انزياح هذه الحلقة عند الانقباض كما يظهر الشكل 18، وكلما كانت هذه الحركة أكبر كانت وظيفة البطين الأيمن الانقباضية أفضل. وتعتبر القيمة الطبيعية لها هي أكبر من 16 ملم.²⁸



الشكل 18 كيفية حساب الانزياح الانقباضي لحلقة مثلث الشرف

A يمثل قياس الانزياح الانقباضي لحلقة مثلث الشرف TAPSE عند شخص طبيعي (وهو يقاس 24 ملم)، B يمثل قياس الانزياح عند مريض قصور قلب أيمن (وهو يقاس 9 ملم).

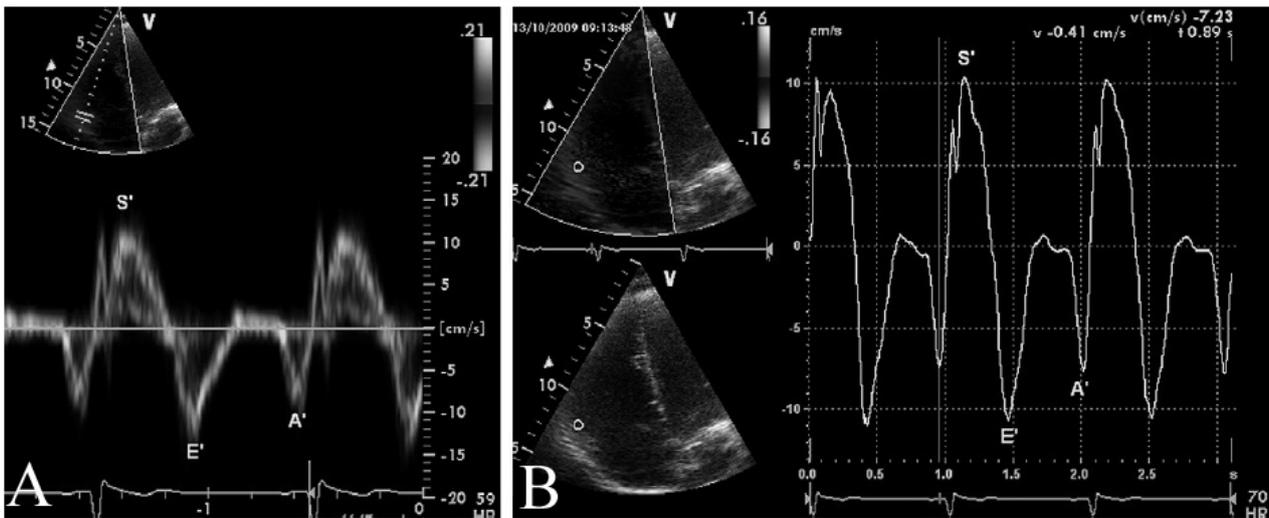
كون هذه الطريقة تعتمد على حركة موضع واحد في البطين الأيمن (وهو الجدار الحر لحلقة مثلث الشرف) فهي تفترض أن هذه الحركة تعبر عن حركة البطين الأيمن الانقباضية الكلية. اثبتت الدراسات وجود ارتباط وثيق بين الانزياح الانقباضي لحلقة مثلث الشرف TAPSE وبين وظيفة البطين الأيمن الانقباضية المحسوبة بالنوكليدات المشعة radionuclide angiography^{32,33} وبينه وبين الكسر القذفي للبطين الأيمن biplane Simpson RV EF.^{34,35}

تتميز هذه الطريقة بكونها سهلة الاستخدام ولا تحتاج إلى إجراءات خاصة ويمكن حسابها لدى معظم المرضى حتى غير الصدويين منهم. وتكمن سلبية هذه الطريقة كما ذكرنا بافتراضها أن حركة حلقة مثلث الشرف تعبر عن حركة البطين الأيمن الانقباضية الكلية وهذا غير صحيح في كل الحالات كما قد تكون هذه الطريقة معتمدة على حمل البطين الأيمن load dependent.

أوصت الجمعية الأمريكية لإيكو القلب باستخدام هذه الطريقة بشكل روتيني لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية.²⁸

3-2-5- سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي systolic (RV S') excursion velocity

يتم قياسها في المقطع رباعي الأجواف حيث يتم وضع عينة الدوبلر النسيجي على الجدار الحر لحلقة مثلث الشرف ونحسب سرعة الموجة S' والتي تمثل سرعة الانزياح لحلقة مثلث الشرف أثناء الانقباض. عادة يتم استخدام الدوبلر النسيجي النبضي pulsed tissue Doppler لحساب سرعة الانزياح الانقباضية لكن يمكن استخدام الدوبلر النسيجي الملون color-coded tissue Doppler لحسابها²⁸، كما يظهر الشكل 19.



الشكل 19 كيفية حساب سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية المحسوبة بالدوبلر النسيجي

A يمثل حساب سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية S' باستخدام الدوبلر النسيجي النبضي

B يمثل حساب سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية S' باستخدام الدوبلر النسيجي الملون

وفق توصيات الجمعية الأمريكية لإيكو القلب فإن القيمة الطبيعية لسرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية المحسوبة بالدوبلر النسيجي النبضي هي أكثر من 10 سم/ثا، بينما يبقى استعمال سرعة الانزياح الانقباضية المحسوبة بالدوبلر النسيجي الملون لأغراض بحثية وبدون معلومات دقيقة عنها وبمجال كبير للقيم الطبيعية لها²⁸.

أثبتت الدراسات وجود ارتباط وثيق بين سرعة الانزياح الانقباضية S' وبين وظيفة البطين الأيمن الانقباضية المحسوبة بالنوكليدات المشعة radionuclide angiography عند الأشخاص الطبيعيين وعند مرضى قصور القلب الأيمن²⁸، وارتباطها أيضاً بشكل وثيق مع وظيفة البطين الأيمن الانقباضية المحسوبة بالمرنان³⁶.

تكمن أهمية هذه الطريقة بكونها أيضاً مشعر انذاري لدى مرضى احتشاء البطين الأيمن، فالمرضى ذوي سرعة الانزياح الانقباضية S' أكثر أو تساوي 8 سم/ثا لديهم انذار أفضل وحوادث قلبية وعائية أقل خلال السنة الأولى من المرضى ذوي سرعة الانزياح الانقباضية S' أقل من 8 سم/ثا³¹. وهي تعتبر طريقة تنبؤ مستقلة للبقي أيضاً لدى مرضى قصور القلب الأيسر³⁷.

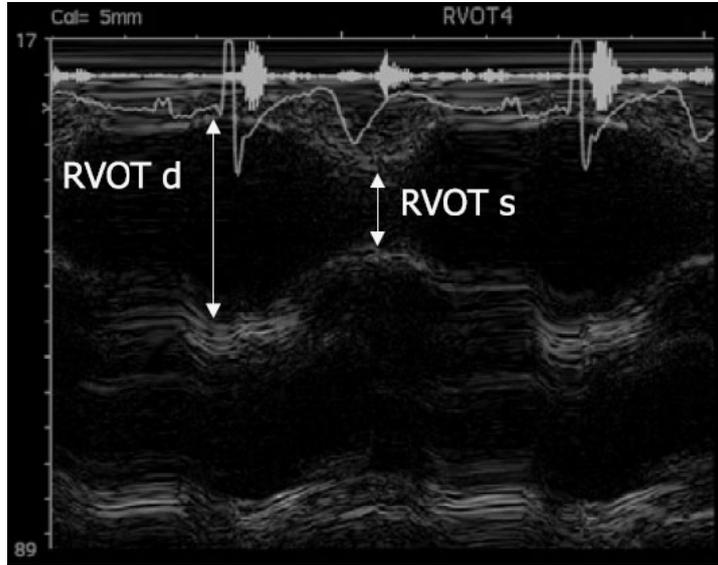
تكمن إيجابيات هذه الطريقة بكونها سهلة الاستخدام ومتوافرة في أغلب أجهزة الإيكو وتستطيع بسهولة تشخيص وجود قصور قلب أيمن. وتكمن سلبية هذه الطريقة بافتراضها أن حركة حلقة مثلث الشرف تعبر عن حركة البطين الأيمن الانقباضية الكلية وهذا غير صحيح في كل الحالات (كما في الصمة الرئوية أو احتشاء البطين الأيمن)، وبسبب اعتماد هذه الطريقة على الدوبلر يجب التأكيد على أخذ المقطع المثالي لتخفيف الزاوية بين الدوبلر وحركة حلقة مثلث الشرف على المحور الطولي للبطين الأيمن لتجنب التقييم الخاطئ underestimation.

4-2-5- نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن right ventricular outflow tract

fractional shortening (RVOT FS)

يتم حساب نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن باستخدام المقطع جانب القص ذو المحور القصير على مستوى الصمام الأبهرى وأخذ مقطع باستخدام الإيكو أحادي البعد M-mode بشكل عمودي على الجدار الأمامي لمخرج البطين الأيمن وقياس قطر المخرج بالانقباض وبالانقباض ثم استخدام المعادلة:³⁸

نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن % = (قطر المخرج بالانبساط - قطر المخرج بالانقباض) / قطر المخرج بالانبساط × 100 كما في الشكل 20.



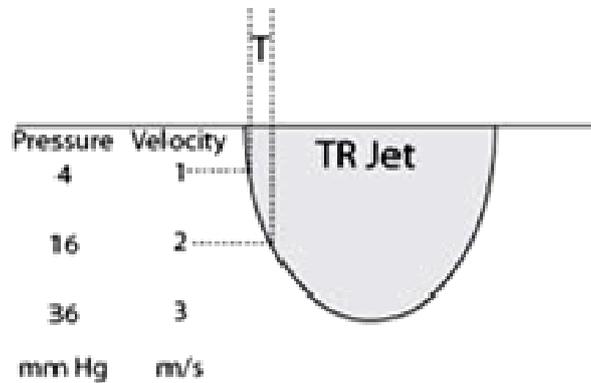
الشكل 20 كيفية حساب نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن
RVOT d قطر المخرج بالانبساط، RVOT s قطر المخرج بالانقباض

-5-2-5 RV dp/dt

تعتبر طريقة dp/dt عن معدل ارتفاع الضغط في البطين الأيمن وهي طريقة غير غازية لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية ووصفت لأول مرة في عام 1962 من قبل Gleason و Braunwald في كل من البطينين الأيمن والأيسر²⁸.

تعتبر هذه الطريقة أقل دراسة وأقل استخداماً في البطين الأيمن منها في البطين الأيسر.

يمثل dt الوقت المستغرق ليزداد جريان jet قصور مثلث الشرف من السرعة 1 م/ثا إلى السرعة 2 م/ثا ويمثل dp مقدار الزيادة بالضغط بين السرعة 1 و 2 م/ثا وهو بحسب معادلة بيرنولي Bernoulli equation يساوي 12 ملم زئبقي $(4 \times 2^2 - 4 \times 1^2)$. وهكذا فإن dp/dt تحسب عبر تقسيم 12 على الزمن اللازم بالثواني ليزداد جت قصور مثلث الشرف من السرعة 1 إلى 2 م/ثا وتكون الواحدة هي ملم زئبقي/ثا كما في الشكل 21.



الشكل 21 كيفية حساب RV dp/dt

برغم كون الزمن الأكثر استخداماً هو الفاصل بين السرعة 1 و 2 م/ثا إلا أنه ليس طريقة الإيكو الأكثر ارتباطاً مع القياسات المجرأة بالطرق الغازية، فباستخدام الزمن بين السرعة 0.5 والسرعة 2 م/ثا وبالتالي فارق ضغط 15 ملم زئبقي حسب معادلة بيرنولي ($2^2 \times 4 - 0.5^2 \times 4$) نحصل على التوافق الأفضل مع القياسات المجرأة بالطرق الغازية²⁸.

تعتبر القيمة dp/dt أقل من 400 ملم زئبقي/ثا في البطين الأيمن غير طبيعية وتدل على سوء وظيفة البطين الأيمن الانقباضية.

من فوائد هذه الطريقة بساطتها وسهولة إجرائها وإمكانية إجرائها حتى لدى المرضى الأقل صدوية، بينما تكمن سلبيات هذه الطريقة باعتمادها على حمل البطين الأيمن load dependent وكونها أقل دقة في قصور مثلث الشرف الشديد وارتفاع ضغط الأذينة اليمنى.

5-2-6- مؤشر الأداء القلبي (MPI) Myocardial performance index

مؤشر الأداء القلبي يدعى أيضاً مؤشر تاي Tei index هو مؤشر لتقييم وظيفة البطين الانقباضية والانبساطية معاً وهو يستخدم في البطين الأيسر وفي البطين الأيمن.

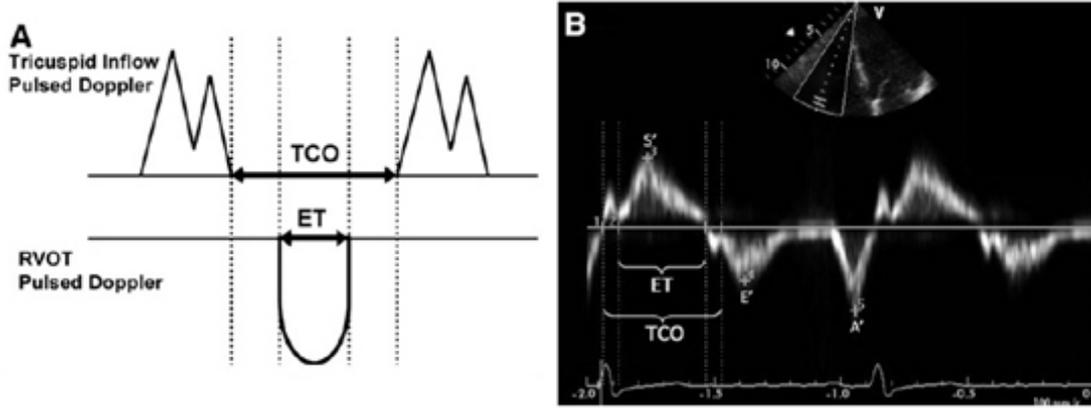
يحسب عبر نسبة الزمن متساوي الحجم (مجموع زمن الاسترخاء متساوي الحجم وزمن التقلص متساوي الحجم) على زمن القذف $MPI = [(IVRT + IVCT)/ET]$

مؤشر الأداء القلبي للبطين الأيمن يمكن حسابه بطريقتين إما باستخدام الدوبلر النبضي pulsed Doppler أو باستخدام الدوبلر النسيجي tissue Doppler:

- باستخدام الدوبلر النبضي يتم حساب زمن القذف عبر وضع الدوبلر النبضي على مخرج البطين الأيمن بينما يتم حساب الزمن متساوي الحجم عبر وضع الدوبلر النبضي على مدخل البطين الأيمن (الصمام مثلث الشرف) وحساب الزمن من انغلاق مثلث الشرف حتى انفتاحه (من نهاية الموجة A حتى بداية الموجة E للضربة التالية) ثم طرح زمن القذف منه. وهكذا يحتاج حساب هذا المؤشر للبطين الأيمن بهذه الطريقة لاستخدام المقطع جانب القص ذو المحور القصير ثم لاستخدام المقطع رباعي الأجواف أي أنه لا يمكن حسابه بضربة قلبية واحدة (وهذا بعكس البطين الأيسر حيث يمكن حساب مؤشر الأداء القلبي للبطين الأيسر بطريقة الدوبلر النبضي باستخدام المقطع خماسي الأجواف وبضربة قلبية واحدة)، ولهذا فإن هذا المؤشر يعتبر أقل دقة في البطين الأيمن منه في البطين الأيسر، ويتطلب حسابه في البطين الأيمن بهذه الطريقة كون نظم المريض منتظم مع مسافات R-R ثابتة على التخطيط³¹.

- باستخدام الدوبلر النسيجي يتم حساب زمن القذف والزمن متساوي الحجم من ضربة قلبية واحدة عبر وضع عينة الدوبلر النسيجي على حلقة الصمام مثلث الشرف.

يظهر الشكل 22 كيفية حساب مؤشر الأداء القلبي بكل من الطريقتين (الدوبلر النبضي والدوبلر النسيجي)



الشكل 22 كيفية حساب مشعر الأداء القلبي

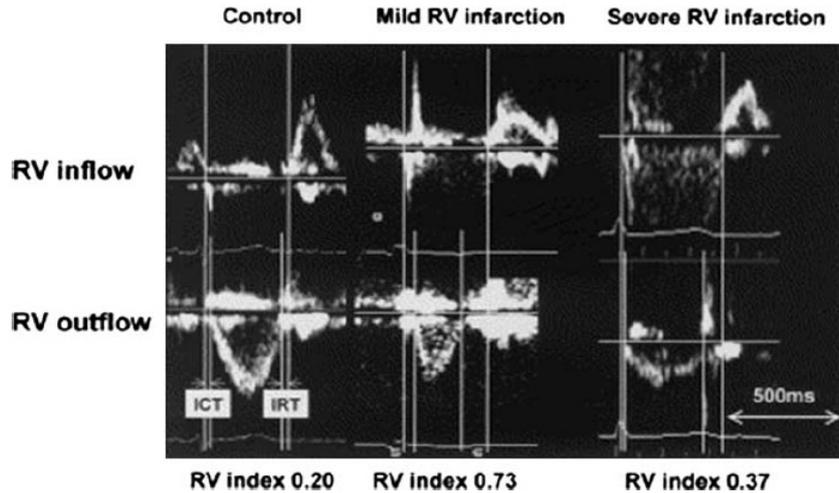
A كيفية حساب مشعر الأداء القلبي باستخدام الدوبلر النبضي، B كيفية حساب المشعر باستخدام الدوبلر النسيجي

(ejection time) ET، (Tricuspid close opening time) TCO

يوجد ارتباط بسيط بين كلا الطريقتين وهكذا فإن القيمة الطبيعية لهذا المشعر تختلف بحسب الطريقة المستخدمة لحسابه، فأعلى حد طبيعي لهذا المشعر باستخدام الدوبلر النبضي هو 0.43 بينما يكون 0.54 باستخدام الدوبلر النسيجي²⁹.

تشمل إيجابيات هذا المشعر اعتماده على الدوبلر وتجنبه شكل البطين الأيمن المعقد وإمكانية حسابه بضربة قلبية واحدة باستخدام الدوبلر النسيجي. وتشمل سلبياته في انخفاض الدقة عند اختلاف المسافة R-R كما في الرجفان الأذيني واعتماده على حمل البطين الأيمن load dependent وكونه أقل دقة في حالات ارتفاع ضغط الأذينة اليمنى.

يمتلك مشعر الأداء القلبي سلبية كاذبة pseudonormalization عندما يرتفع ضغط الأذينة اليمنى لأن هذا الارتفاع يسبب قصر في زمن الاسترخاء متساوي الحجم مما يسبب نقص في قيمة هذا المشعر ويجعلها طبيعية برغم اضطراب وظيفة البطين الأيمن³⁹ كما يظهر الشكل 23.



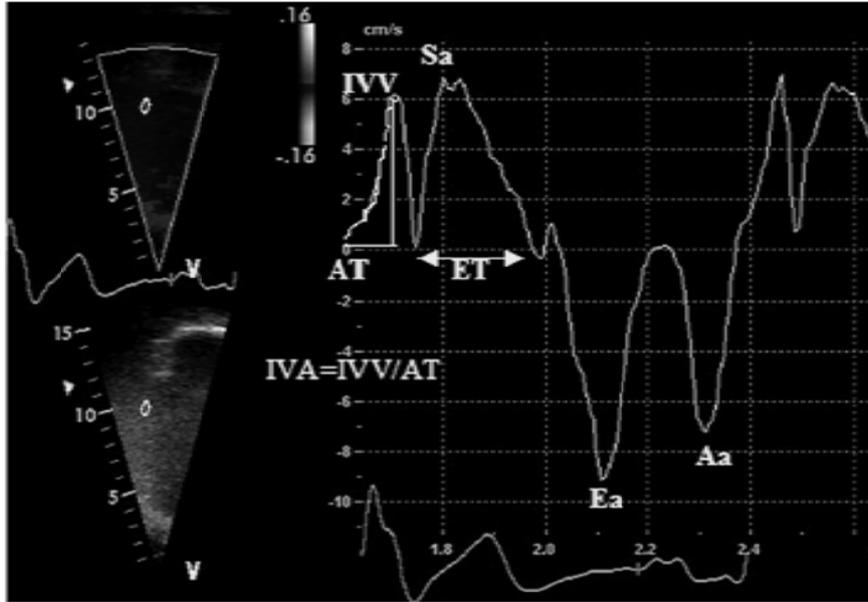
الشكل 23 السلبية الكاذبة لمشعر الأداء القلبي

العمود الأيسر يمثل مشعر الأداء القلبي عند مريض لديه بطين أيمن طبيعي (وهذا المشعر ذو قيمة طبيعية)، العمود الأوسط يمثل المشعر لدى مريض لديه احتشاء بطين أيمن خفيف (وهذا المشعر ذو قيمة مرضية عالية)، العمود الأيمن يمثل المشعر لدى مريض لديه احتشاء بطين أيمن شديد (وهذا المشعر ذو قيمة طبيعية برغم اضطراب وظيفة البطين الأيمن pseudonormalization بسبب قصر زمن الاسترخاء متساوي الحجم)

أوصت الجمعية الأمريكية لإيكو القلب بعدم استخدام هذا المشعر كطريقة وحيدة لتقييم البطين الأيمن وعدم استعماله عند وجود عدم انتظام بضربات القلب.²⁸

5-2-7- التسارع متساوي الحجم (IVA) isovolumic myocardial acceleration

يتم حسابه بالمقطع رباعي الأجواف بوضع عينة الدوبلر النسيجي على الجدار الحر لحلقة مثلث الشرف، ويعرف بأنه حاصل قسمة السرعة العظمى خلال الانقباض متساوي الحجم على الزمن اللازم للوصول لهذه السرعة العظمى كما يظهر الشكل 24.



الشكل 24 كيفية قياس التسارع متساوي الحجم باستخدام الدوبلر النسيجي الملون

IVA يمثل التسارع متساوي الحجم isovolumic myocardial acceleration، IVV يمثل السرعة العظمى خلال الانقباض متساوي الحجم isovolumic velocity، AT يمثل الزمن اللازم للوصول للسرعة العظمى ET. Acceleration time، تمثل زمن القذف ejection time، Sa تمثل سرعة الانزياح الانقباضية، Ea تمثل السرعة العظمى خلال الانقباض المبكر، Aa تمثل السرعة العظمى خلال الانقباض الأذيني.

يمكن استخدام الدوبلر النسيجي النبضي pulsed tissue Doppler لحساب التسارع متساوي الحجم ويمكن استخدام الدوبلر النسيجي الملون color-coded tissue Doppler لحسابه، وعادة تكون القيم المحسوبة بالدوبلر النسيجي النبضي أكثر بحوالي 20% من تلك المحسوبة بالدوبلر النسيجي الملون. بالاعتماد على 10 دراسات مجراة يمكن تحديد قيمة طبيعية للتسارع متساوي الحجم محسوبا بالدوبلر النسيجي النبضي بأكثر من 2.2 م/ثا² ولكن بسبب الخلاف الكبير بين هذه الدراسات فإن الجمعية الأمريكية لإيكو القلب لم تحدد بعد قيمة مرجعية طبيعية للتسارع متساوي الحجم.²⁸

تكمّن إيجابيات هذه الطريقة بكونها قليلة الاعتماد على حمل البطين الأيمن load dependent وترتبط بشكل وثيق بشدة المرض المسبب لتدني الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن (كما في تضيق التاجي، قصور الرئوي، رباعي فالو المصحح جراحياً). وتكمّن السلبيات باعتماد هذه الطريقة على الدوبلر فيجب أخذ المقطع المثالي لتخفيف الزاوية بين الدوبلر وحركة حلقة مثلث الشرف على المحور الطولي للبطين الأيمن، وبقلة البيانات المتوافرة عن القيمة الطبيعية لها والتي يبدو أنها تتغير بحسب العمر وسرعة القلب وبالخلاصة تبقى هذه الطريقة صعبة الإجراء وتتطلب خبرة جيدة مما يجعلها غير روتينية لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية ومحصورة بالأغراض البحثية في المختبر المتخصصة.²⁸

5-2-8- خلاصة طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية

إن التقييم المرئي للبطين الأيمن عبر الإيكو ثنائي البعد يعطي فكرة مبدئية جيدة عن وظيفة البطين الأيمن الانقباضية لكنه غير كافي في هذه الأيام. يوجد العديد من الطرق البسيطة والفعالة لتقييم الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن والتي يوصى بشدة باستخدام أحدها أثناء إجراء إيكو القلب الروتيني، وهي نسبة تغير مساحة البطين (FAC) Fractional Area Change، الانزياح الانقباضي لحلقة مثلث الشرف (TAPSE) Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion، سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية بالدوبلر النسيجي (RV S') systolic excursion velocity، مشعر الأداء القلبي (MPI) Myocardial performance index. يمكن من خلال الجمع بين أكثر من طريقة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية التأكد بشكل أكبر من التمييز الدقيق بين الوظيفة الجيدة والوظيفة المتدنية²⁸.

الفصل الثاني

القسم العملي

1- الملخص

خلفية وهدف البحث: يعتبر تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية ذو أهمية إنذارية وعلاجية، وهو ليس بالأمر السهل باستخدام الصدى القلبي. يهدف هذا البحث إلى دراسة حركية مخرج البطين الأيمن كطريقة جديدة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية بالصدى القلبي.

مواد وطرائق البحث: تقاس حركية مخرج البطين الأيمن بأخذ المقطع جانب القص ذو المحور القصير على مستوى الصمام الأبهري ثم استخدام الصدى القلبي أحادي البعد لقياس مجال حركة شغاف الجدار الأمامي لمخرج البطين الأيمن أثناء الانقباض بالمليمتر. شملت الدراسة 104 مرضى توزعوا بمجموعتين: 51 شخص بمجموعة الحالة (تغير مساحة البطين الأيمن أقل من 35% وحركة حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض أقل من 1.6 سم) و53 شخص بمجموعة الشاهد (تغير مساحة البطين الأيمن أكثر أو يساوي 35% وحركة حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض أكثر أو يساوي 1.6 سم)، تم حساب حركية مخرج البطين الأيمن عند مرضى المجموعتين وتمت مقارنتها مع نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن وسرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي.

النتائج: بلغت حساسية حركية مخرج البطين الأيمن في تشخيص تدني الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن 98% والنوعية 100% بينما بلغت حساسية سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي 96% والنوعية 94% وبلغت حساسية نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن 80% والنوعية 98%. لم يكن هناك ارتباط هام بين حركية مخرج البطين الأيمن والجزء المقذوف وبينها وبين التوتر الرئوي الانقباضي عند مرضى تدني الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن. تبين وجود ارتباط قوي بين حركية مخرج البطين الأيمن وبين الطرق الأخرى المستخدمة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية.

الاستنتاج: تعتبر حركية مخرج البطين الأيمن طريقة جديدة وسهلة وحساسة ونوعية لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية.

الكلمات المفتاحية:

وظيفة البطين الأيمن، الصدى القلبي، الصدى القلبي أحادي البعد.

Abstract:

Background: Assessment of right ventricle (RV) systolic function has a prognostic and therapeutic value, and this assessment is not easy by using echocardiography. The aim of this study was to assess a new way to evaluate RV systolic function, by studying right ventricular outflow tract systolic excursion (RVOT_SE).

Methods: RVOT_SE was measured by using M-Mode echocardiography from the parasternal short-axis view at the level of the aortic valve, and was defined as the systolic excursion of the right ventricular outflow tract anterior wall endocardium in millimeter. A total of 104 patients were studied and separated into two groups: 51 patients with reduced RV function [RV fractional area change (FAC) < 35% and tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) <1.6 cm] and 53 patients with normal RV function [(FAC) ≥ 35% and TAPSE ≥1.6 cm]. RVOT_SE was measured in the two groups and compared with right ventricular outflow tract fractional shortening (RVOT_FS) and tricuspid annular systolic excursion velocity S'(Tissue S').

Results: The sensitivity of RVOT_SE as a method of diagnosing reduced RV systolic function was 98% and the specificity was 100%. The sensitivity of Tissue S' was 96% and the specificity was 94%. The sensitivity of RVOT_FS was 80% and the specificity was 98%. There was no correlation between RVOT_SE and ejection fraction, also between RVOT_SE and pulmonary artery systolic pressure in patients with reduced RV systolic function. There was a strong correlation between RVOT_SE and the other ways to evaluate RV systolic function.

Conclusion: RVOT_SE is a new, simple, sensitive and specific way to evaluate RV systolic function.

Keywords: Right ventricle function, Echocardiography, M-Mode echocardiography.

2- مخطط البحث

1-2- خلفية البحث وأهميته

تركز معظم الدراسات على وظيفة البطين الأيسر إلا أن للبطين الأيمن دور كبير في المراضة والوفيات لدى مرضى القلب والأوعية. ولهذا فإن تقييم وظيفة البطين الأيمن يعتبر أمر ضروري في عدة حالات سريرية كالصمة الرئوية⁴⁰، الأمراض الصمامية، أمراض القلب الولادية، بعد العمليات الجراحية القلبية. كما يعتبر تقييم وظيفة البطين الأيمن أمراً أساسياً في اتخاذ الإجراء العلاجي الملائم في كثير من الحالات مثل إجراء الجراحة على قصور الصمام مثلث الشرف الشديد⁴¹ أو تركيب الأجهزة المساعدة للعضلة القلبية^{42,43}.

رغم تعدد طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن فمنها الغازية مثل التصوير الظليل ومنها غير الغازية مثل الأمواج فوق الصوتية، الومضان المشع، الرنين المغناطيسي، إلا أن الأمواج فوق الصوتية تبقى الطريقة الأسرع (حيث توفر إمكانية رؤية الصور بالزمن الحقيقي) والأكثر توافراً وانتشاراً لتقييم وظيفة البطين الأيمن^{44,45}.

إن تقييم وظيفة البطين الأيمن باستخدام الأمواج فوق الصوتية غالباً ما يشكل تحدياً للطبيب الفاحص والسبب يكمن في بنية البطين الأيمن المعقدة فراغياً^{9,44} وصعوبة تطبيق المعايير الحالية المستخدمة بالأمواج فوق الصوتية لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية (مثل تغير مساحة البطين الأيمن وحركة حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض)⁴² والحاجة في بعض الأحيان إلى تقنيات أكثر تعقيداً مثل استخدام دوبلر النسيجي أو الأمواج فوق الصوتية ثلاثية الأبعاد³⁸. وإضافة لصعوبة المعايير الحالية المستخدمة لتقييم وظيفة البطين الأيمن بالأمواج فوق الصوتية فهي تبقى محدودة الفعالية²⁸ فمثلاً:

- حساب تغير مساحة البطين الأيمن لا يدل بالضرورة على الجزء المقذوف للبطين الأيمن ككل.
- حساب حركة حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض يدل على حركية الجدار الوحشي للبطين الأيمن بينما يمتلك البطين بنية تشريحية معقدة ثلاثية الأبعاد.
- استخدام دوبلر النسيجي يعتمد على زاوية الأمواج فوق الصوتية مع محدودية المعلومات المتوافرة عن القيم الطبيعية له.
- استخدام الأمواج فوق الصوتية ثلاثية الأبعاد محدود بدقة الصور المتوافرة حالياً عن حواف البطين الأيمن⁴⁶.
- يعتبر استخدام الصدى القلبي عبر المري لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية غير فعال، فلا يوجد حتى اليوم دراسات ومعلومات كافية عن طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية بواسطته⁴⁷.

ولهذا كان لابد من البحث عن طريقة سهلة الاستخدام لتقييم وظيفة البطين الأيمن باستخدام الأمواج فوق الصوتية.

في هذه الدراسة تم تقييم وظيفة البطين الأيمن عن طريق دراسة حركية المخرج باستخدام الإيكو أحادي البعد وذلك للأسباب التالية:

- 1- إن بنية مخرج البطين الأيمن العضلية تجعل أغلب حركته أثناء الانقباض بشكل شعاعي على محور واحد⁴⁸.

- 2- يعتمد أطباء جراحة القلب أثناء العمل الجراحي غالباً على حركية مخرج البطين الأيمن لتقييم وظيفة البطين الأيمن⁴².
- 3- يتميز استخدام الإيكو أحادي البعد بأنه أكثر موضوعية في تقييم حركية الجدر.
- 4- إن الإيكو أحادي البعد هو طريقة سهلة الإجراء لم تستخدم بعد بشكل كافي في دراسة البطين الأيمن.
- 2-2- هدف الدراسة**

تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية من خلال دراسة حركية المخرج بالإيكو أحادي البعد وذلك عبر:

- 1- حساب حساسية ونوعية حركية مخرج البطين الأيمن في تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية.
- 2- مقارنة حساسية ونوعية حركية مخرج البطين الأيمن مع حساسية ونوعية الطرق الأخرى المستخدمة لتقييم وظيفة البطين الأيمن بالأمواج فوق الصوتية (نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن، سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي).
- 3- دراسة العلاقة بين حركية مخرج البطين الأيمن ومتغيرات المريض الأخرى كالعمر والجنس والرجفان الأذيني والداء القلبي الإقفاري ووظيفة البطين الأيسر وقصور مثلث الشرف.

3-2- المواد وطرق الدراسة

2-1-3-2 تصميم الدراسة

دراسة مستقبلية حالة شاهد

2-3-2 مكان الدراسة

مشفى المواساة الجامعي ومشفى الأسد الجامعي بدمشق

3-3-2 زمن الدراسة

سنة واحدة في الفترة الممتدة بين شهر تموز عام 2013 وشهر تموز عام 2014

2-4-3-2 طرق الدراسة

تمت دراسة حركية مخرج البطين الأيمن باستخدام الأمواج فوق الصوتية عبر حساب مجال حركة شغاف الجدار الأمامي لمخرج البطين الأيمن أثناء الانقباض باستخدام الإيكو أحادي البعد بشكل عامودي على مخرج البطين الأيمن في المقطع جانب القص ذو المحور القصير على مستوى الصمام الأبهري وتسجيل النتيجة بالمليومتر.

تم أخذ مجموعتين من الأشخاص:

- 1- مجموعة الحالة وهي تمثل الأشخاص الذين لديهم وظيفة بطين أيمن انقباضية متدنية بناء على أفضل المعايير الحالية المستخدمة في تقييم وظيفة البطين الأيمن بالأمواج فوق الصوتية^{28,29,49} (تغير مساحة البطين الأيمن أقل من 35% وحركة حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض أقل من 1.6 سم).
- 2- مجموعة الشاهد وهي تمثل الأشخاص الذين لديهم وظيفة بطين أيمن انقباضية طبيعية بناء على أفضل المعايير الحالية المستخدمة في تقييم وظيفة البطين الأيمن بالأمواج فوق الصوتية (تغير مساحة البطين الأيمن أكثر أو يساوي 35% وحركة حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض أكثر أو يساوي 1.6 سم).

وتم حساب حركية مخرج البطين الأيمن لدى كل شخص في كلاً من المجموعتين ثم حساب الحساسية والنوعية في تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية.

وتم حساب الطرق الأخرى المستخدمة لتقييم وظيفة البطين الأيمن (نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن، سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي) لدى كل شخص في كلاً من المجموعتين ثم حساب حساسية ونوعية هذه الطرق.

وتم ملئ استبيان يتضمن طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية والمتغيرات الأخرى (مثل العمر والجنس والرجفان الأذيني والداء القلبي الإقفاري ووظيفة البطين الأيسر وقصور مثلث الشرف) ودراسة العلاقة بين هذه المتغيرات وحركية مخرج البطين الأيمن. تم أخذ الموافقة المستنيرة من قبل جميع الأشخاص المشاركين بالدراسة.

4-2- معايير القبول

1-4-2- معايير القبول في مجموعة الحالة

أن تكون وظيفة البطين الأيمن الانقباضية متدنية بناء على أفضل المعايير الحالية المستخدمة في تقييم وظيفة البطين الأيمن بالأموح فوق الصوتية (تغير مساحة البطين الأيمن أقل من 35% وحركة حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض أقل من 1.6 سم).

2-4-2- معايير القبول في مجموعة الشاهد

أن تكون وظيفة البطين الأيمن الانقباضية طبيعية بناء على أفضل المعايير الحالية المستخدمة في تقييم وظيفة البطين الأيمن بالأموح فوق الصوتية (تغير مساحة البطين الأيمن أكثر أو يساوي 35% وحركة حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض أكثر أو يساوي 1.6 سم).

5-2- معايير الاستبعاد

- 1- عدم موافقة المريض على الدخول في الدراسة.
- 2- المرضى غير الصدويين.
- 3- تغير مساحة البطين الأيمن أكثر أو يساوي 35% وحركة حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض أقل من 1.6 سم.
- 4- تغير مساحة البطين الأيمن أقل من 35% وحركة حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض أكثر أو يساوي 1.6 سم.

6-2- الفرضية البحثية

تفترض الدراسة وجود دور هام لحركية مخرج البطين الأيمن في تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية.

7-2- السؤال البحثي

هل يوجد لحركية مخرج البطين الأيمن حساسية ونوعية عالية في تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية؟

8-2- الدراسة الإحصائية

تم إجراء الدراسة الإحصائية من خلال برنامج SPSS النسخة 20 وتم اعتبار جميع قيم P الأقل من 0.05 ذات أهمية إحصائية.

بالنسبة للمتغيرات الكمية تم حساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري ثم تم استخدام اختبار T- T-test، أما بالنسبة للمتغيرات الكيفية فتم حساب النسبة المئوية واستخدام اختبار كاي مربع chi-square. لمعرفة مدى دقة قياس حركية مخرج البطين الأيمن تم قياس هذه الطريقة مرتين من قبل نفس الفاحص ومرة ثالثة من قبل فاحص آخر لدى جميع مرضى الدراسة واستخدام مخطط بلاند وألتمان Bland and Altman (حيث تم التعبير عن النتائج بالوسطي \pm انحراف معياري) وحساب معامل الترابط داخل

الصنف Intra-class Correlation Coefficient (ICC) لتقييم كل من التغير بين القياسات لنفس الفاحص intra-observer variability والتغير بين القياسات لفاحصين مختلفين inter-observer variability. وتم اعتماد وسطي القيم الثلاثة المقاسة (مرتين من قبل نفس الفاحص ومرة من قبل فاحص آخر) كقيمة نهائية لحركية مخرج البطين الأيمن لدى المريض.

لمعرفة مدى دقة قياس بقية الطرق الأربعة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية تم انتقاء عشرة مرضى عشوائياً من مرضى الدراسة وقياس كل طريقة من هذه الطرق مرتين من قبل نفس الفاحص ومرة ثالثة من قبل فاحص آخر واستخدام مخطط بلاند وألتمان وحساب معامل الترابط داخل الصنف لتقييم كل من التغير بين القياسات لنفس الفاحص والتغير بين القياسات لفاحصين مختلفين.

تم استخدام تحليل منحنى روك receiver operating characteristic (ROC) curve analysis لحساب أفضل قيمة cutoff value لحركية مخرج البطين الأيمن من حيث الحساسية والنوعية.

تم استخدام ترابط بيرسون لحساب مدى ترابط حركية مخرج البطين الأيمن وكل من الطرق الأربعة الأخرى المستخدمة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية.

2-9- الاستبيان

أولاً: الهوية الشخصية:

اسم المريض: _____
رقم الإضبارة: _____
العمر: _____
تاريخ إجراء الإيكو: _____
الجنس: ذكر أنثى

ثانياً: السوابق المرضية:

داء قلبي إقفاري IHD ارتفاع توتر شرياني HTN
 قصور قلب أيسر HF آفة رئوية مزمنة (COPD، تليف)
 قصور قلب أيمن صمة رئوية PE
 داء سكري DM رجفان أذيني AF

ثالثاً: موجودات الإيكو:

1- الأجواف اليسرى:

جذر الأبهر: _____ سم
أقطار البطين الأيسر: _____ سم × _____ سم
تضيق أبهري: خفيف متوسط شديد
تضيق تاجي: خفيف متوسط شديد
الأذينة اليسرى: _____ سم
الوظيفة الانقباضية EF: _____ %
قصور أبهري: خفيف متوسط شديد
قصور تاجي: خفيف متوسط شديد

2- الأجواف اليمنى:

قصور مثلث الشرف: خفيف متوسط شديد
ضغط الأذينة اليمنى RAP: _____ ملم ز
مساحة الأذينة اليمنى: _____ سم²
سرعة قصور مثلث الشرف: _____ م/ثا
الضغط الرئوي الانقباضي SPAP: _____ ملم ز

3- أقطار البطين الأيمن RV:

- قطر البطين الأيمن عند مستوى حلقة الصمام مثلث الشرف Basal diameter:
- قطر البطين الأيمن بمنتصفه Mid cavity diameter:
- قطر مخرج البطين الأيمن القريب RVOT PLAX proximal diameter:
- قطر مخرج البطين الأيمن البعيد RVOT PSAX distal diameter:

4- وظيفة البطين الأيمن:

- حركية مخرج البطين الأيمن RVOT_SE: قياس 1: _____ قياس 2: _____ قياس 3: _____
- حركية حلقة مثلث الشرف بالانقباض TAPSE: _____
- مساحة RV بالانقباض: _____ مساحة RV بالانقباض: _____ تغيير المساحة (FAC): _____ %

$$FAC (\%) = 100 \times (\text{diastolic RV area} - \text{systolic RV area}) / \text{diastolic RV area}$$

- RVOT PSAX بالانقباض: _____ RVOT PSAX بالانقباض: _____ نسبة التناقص RVOT FS: _____ %
RVOT FS(%) = 100 × (RVOT diastolic diameter - RVOT systolic diameter) / RVOT diastolic diameter

- سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدويلر النسيجي Tissue S': _____ سم/ثا

5- سبب قصور القلب الأيمن:

10-2- الموافقة المستنيرة

نحن بصدد إجراء بحث علمي عن تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية من خلال دراسة حركية المخرج باستخدام الأمواج فوق الصوتية وندعوك للمشاركة في هذا البحث، ولك مطلق الحرية في قبول أو رفض ذلك، لكن قبل أن تتخذ قرارك نرجو منك أن تقرأ بعناية المعلومات التالية:

- في حال موافقتك على الاشتراك في هذه الدراسة سيتم إجراء إيكو قلب لتقييم البطين الأيمن لديك.
- سيتم الاطلاع على معلومات من ملفك الطبي من قبل الأطباء والباحثين المشاركين في هذه الدراسة وذلك بعلم إدارة المشفى.
- لن يتم نشر أي معلومات متعلقة بك ذات طابع شخصي.
- لا يوجد أية تكاليف مادية مطلوبة من المشاركين بالبحث ولا أية مكافآت مادية مقابل المشاركة بالبحث.
- أخيراً يجب أن تعلم أن عدم موافقتك على الاشتراك في الدراسة لن تؤثر على تدبير مرضك خلال إقامتك في المشفى وسيتم اعتماد الخطة العلاجية المتبعة تقليدياً في المشفى.

في حال موافقتك على الاشتراك يرجى التوقيع أدنى هذه الورقة:

لقد قرأت المعلومات الواردة أعلاه وكانت لدي الفرصة لأطرح الأسئلة وحصلت على إجابات مقنعة، لذلك أعلن موافقتي على الاشتراك في هذه الدراسة.

اسم المشارك:.....

توقيع المشارك:.....

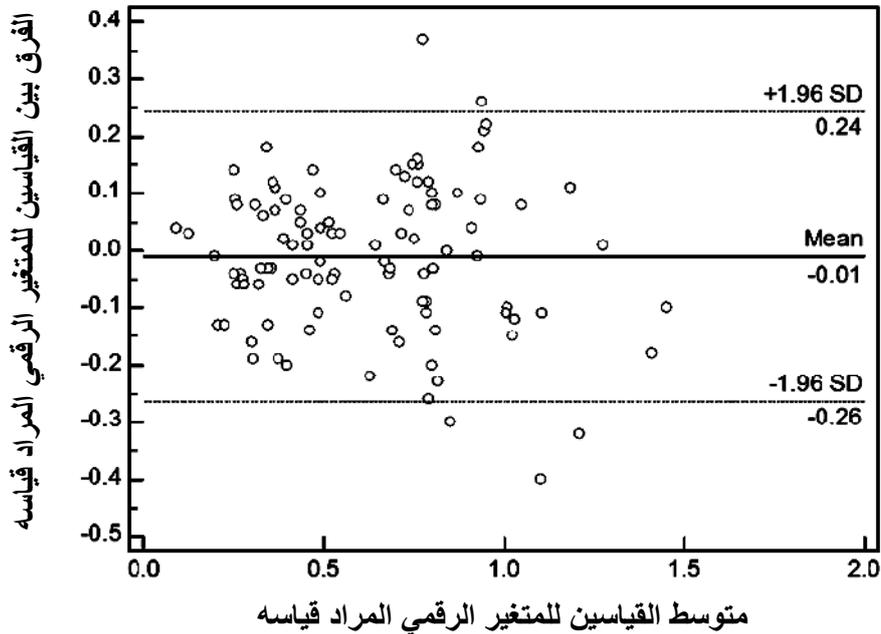
3- المبادئ والطرق الإحصائية المتبعة في هذه الدراسة لتقليل الانحياز وتقييم دقة القياس

بسبب كون القياسات المجراة باستخدام الأمواج فوق الصوتية (الصدى القلبي) شخصية وغير موضوعية subjective وتحتمل حصول انحياز bias أو خطأ في القياس أو وجود فارق هام بين قياس وآخر لنفس الطريقة عند نفس المريض، تم اتباع عدة طرق إحصائية في هذه الدراسة للتقليل بشكل كبير من الانحياز وأخطاء القياس ولمعرفة مدى دقة القياس المجرى لكل طريقة من طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية الخمسة المستخدمة في هذه الدراسة (حركية مخرج البطين الأيمن، تغير مساحة البطين الأيمن، حركة حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض، نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن، سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي).

1-3- المبادئ الإحصائية المتبعة في هذه الدراسة لتقليل الانحياز وتقييم دقة القياس

1-1-3- مخطط بلاند وألتمان

يمتلك مخطط بلاند وألتمان محور أفقي ومحور عمودي، يمثل المحور الأفقي متوسط القياسين عند نفس المريض والمحور العمودي الفرق بين هذين القياسين عند نفس المريض. يتم رسم المخطط بشكل نقط بحيث تمثل كل نقطة تقاطع متوسط القياسين مع الفرق بين هذين القياسين. يتم حساب متوسط الفروقات بين القياسات ويدعى المتوسط النهائي mean وحساب الانحراف المعياري عنه والذي يمثل درجة الدقة (precision) ويتم حساب درجة التوافق (limits of agreement) والتي تعرف بكونها $1.96 \pm$ انحراف معياري و -1.96 انحراف معياري. ويعبر عن مخطط بلاند وألتمان بالمتوسط النهائي \pm الانحراف المعياري كما يظهر الشكل 25.



الشكل 25 مثال عن مخطط بلاند وألتمان

المتوسط النهائي = -0.01 والانحراف المعياري = 0.12

كلما اقترب المتوسط النهائي المحسوب من الصفر وصغر الانحراف المعياري وصغرت درجة التوافق كلما كانت القياسات متقاربة من بعضها البعض وعبرت هذه القياسات عن القيمة الحقيقية⁵⁰. في هذه

الدراسة تم استخدام مخطط بلاند وألتمان لحساب التغير بين القياسات بالنسبة لنفس الفاحص والتغير بين القياسات بالنسبة لفاحصين مختلفين لكل من الطرق الخمسة المستخدمة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية.

3-1-2- معامـل الترابط داخل الصنف

يتم استخدام معامـل الترابط داخل الصنف (ICC) Intraclass Correlation Coefficient لمعرفة مدى دقة قياس متغير رقمي عبر حساب مدى توافق عدة قياسات لهذا المتغير الرقمي. كلما ازدادت قيمة معامـل الارتباط داخل الصنف واقتربت من 1 كلما كانت دقة القياس أعلى وكان هناك توافق عالي بين القياسات المجراة⁵¹ وهو يقسم كما يلي:

معامل الترابط داخل الصنف أكثر من 0.8: يدل على توافق تقريباً تام almost perfect agreement

معامل الترابط داخل الصنف بين 0.8-0.6: يدل على توافق قوي strong agreement

معامل الترابط داخل الصنف بين 0.6-0.4: يدل على توافق متوسط moderate agreement

معامل الترابط داخل الصنف بين 0.4-0.2: يدل على توافق خفيف fair agreement

معامل الترابط داخل الصنف أقل من 0.2: يدل على عدم وجود توافق تقريباً poor agreement

في هذه الدراسة تم استخدام معامـل الترابط داخل الصنف لحساب التغير بين القياسات بالنسبة لنفس الفاحص والتغير بين القياسات بالنسبة لفاحصين مختلفين لكل من الطرق الخمسة المستخدمة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية.

3-2- الطرق الإحصائية المتبعة في هذه الدراسة لتقليل الانحياز وتقييم دقة القياس

3-1-2- حساب حركية مخرج البطين الأيمن أولاً قبل حساب بقية طرق تقييم وظيفة البطين

الأيمن الانقباضية

عند البدء بتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية عند أي مريض من مرضى الدراسة تم أولاً حساب حركية مخرج البطين الأيمن كأول طريقة للتقييم ثم الانتقال إلى بقية الطرق الأربعة وحسابها وهكذا يقوم الشخص الفاحص بحساب حركية مخرج البطين الأيمن بشكل أعمى blinded قبل معرفة أين سيكون المريض في مجموعة الحالة أو في مجموعة الشاهد(لأن هذا التقسيم كما ذكرنا يعتمد على طريقتين آخرتين لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية هما تغير مساحة البطين الأيمن وحركة حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض يتم حسابها لاحقاً بعد حساب حركية مخرج البطين الأيمن) فلا يتأثر الشخص الفاحص عند قياس حركية مخرج البطين الأيمن لدى المريض بالانطباع الأولي المكتسب عند قياس بقية الطرق المستخدمة في تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية.

3-2-2- حساب حركية مخرج البطين الأيمن عدة مرات لدى نفس المريض

تم قياس حركية مخرج البطين الأيمن ثلاث مرات عند كل مريض الدراسة(مرتان من قبل نفس الفاحص ومرة من قبل فاحص آخر) ثم اعتماد وسطي القيم الثلاثة المقاسة كقيمة نهائية لحركية مخرج البطين الأيمن لدى المريض، وهذا يقلل من احتمال حصول خطأ القياس ومقدار هذا الخطأ ومن احتمال حصول الانحياز.

3-2-3- حساب التغير بين قياسات حركية مخرج البطين الأيمن لنفس الفاحص

عند قيام أي شخص بقياس متغير رقمي(مثل حركية مخرج البطين الأيمن) فإن هذا القياس قد يحتمل بعض الخطأ في القياس وحتى عند قياسه مرة ثانية من قبل نفس الشخص الفاحص فإن هذا القياس يحتمل بعض الخطأ ولكن بواسطة مقارنة القياسين مع بعضهما البعض يمكننا معرفة مدى دقة هذا القياس الذي

تم إجراءه من قبل نفس الفاحص وهل هناك خطأ مهم إحصائياً في طريقة إجراء هذا القياس أم لا. لمعرفة مدى دقة القياس المجري من قبل نفس الفاحص تم قياس حركية مخرج البطين الأيمن مرتين من قبل نفس الفاحص ثم مقارنة القياسين باستخدام مخطط بلاند وألتمان Bland and Altman وباستخدام معامل الترابط داخل الصنف لتقييم التغير بين القياسات لنفس الفاحص.

4-2-3- حساب التغير بين قياسات حركية مخرج البطين الأيمن لفاحصين مختلفين

عند قيام أي شخص بقياس متغير رقمي (مثل حركية مخرج البطين الأيمن) فإن هذا القياس قد يحتمل بعض الخطأ في القياس وحتى عند قياسه مرة ثانية من قبل شخص آخر فإن هذا القياس يحتمل بعض الخطأ ولكن بواسطة مقارنة القياسين مع بعضهما البعض يمكننا معرفة مدى دقة هذا القياس الذي تم إجراءه من قبل فاحصين مختلفين وهل هناك خطأ مهم إحصائياً في طريقة إجراء هذا القياس أم لا. لمعرفة مدى دقة القياس المجري من قبل فاحصين مختلفين تم قياس حركية مخرج البطين الأيمن من قبل فاحصين مختلفين ثم مقارنة القياسين باستخدام مخطط بلاند وألتمان وباستخدام معامل الترابط داخل الصنف لتقييم التغير بين القياسات لفاحصين مختلفين.

3-2-5- حساب التغير بين قياسات الطرق الأربعة المستخدمة لتقييم وظيفة البطين الأيمن لنفس

الفاحص

لمعرفة مدى دقة قياس بقية الطرق الأربعة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية تم انتقاء عشرة مرضى عشوائياً من مرضى الدراسة وقياس كل طريقة من هذه الطرق مرتين من قبل نفس الفاحص واستخدام مخطط بلاند وألتمان واستخدام معامل الترابط داخل الصنف لتقييم التغير بين القياسات لنفس الفاحص.

3-2-6- حساب التغير بين قياسات الطرق الأربعة المستخدمة لتقييم وظيفة البطين الأيمن

لفاحصين مختلفين

لمعرفة مدى دقة قياس بقية الطرق الأربعة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية تم انتقاء عشرة مرضى عشوائياً من مرضى الدراسة وقياس كل طريقة من هذه الطرق من قبل فاحصين مختلفين واستخدام مخطط بلاند وألتمان واستخدام معامل الترابط داخل الصنف لتقييم التغير بين القياسات لفاحصين مختلفين.

4- الصدى القلبي

تم إجراء الصدى القلبي (إيكو القلب باستخدام الأمواج فوق الصوتية) بواسطة الأجهزة التالية (philips HD9، envisor HD، philips HD9، philips HD9، philips HD9) باستخدام بروب S3 transducer ذو الموجات 1-3 ميغاهرتز، وتم استخدام هذه الأجهزة بشكل متشابه في كلا مجموعتي الحالة والشاهد بدون فارق في الإيكو أحادي البعد بين هذه الأجهزة.

تم إجراء صدى قلبي كامل لجميع مرضى الدراسة باستخدام وضعية الاضطجاع الجانبي الأيسر left lateral decubitus وأخذ المقاطع المعيارية والتقنيات المتبعة وتخزين البيانات للعودة إليها لاحقاً عند الحاجة.

4-1- كيفية حساب أقطار البطين الأيمن

تم حساب أربعة أقطار للبطين الأيمن لدى جميع مرضى الدراسة وهي قطر مخرج البطين الأيمن القريب وقطر مخرج البطين الأيمن البعيد قطر البطين الأيمن عند مستوى حلقة الصمام مثلث الشرف وقطر البطين الأيمن بمنتصفه كما يلي:

1-1-4- قطر مخرج البطين الأيمن القريب

تم قياس قطر مخرج البطين الأيمن القريب RVOT proximal diameter عبر المقطع جانب القص ذو المحور الطويل بقياس المسافة بين الجدار الأمامي لمخرج البطين الأيمن والصمام الأبهري بشكل عمودي على المخرج²⁸.

2-1-4- قطر مخرج البطين الأيمن البعيد

تم قياس قطر مخرج البطين الأيمن البعيد RVOT distal diameter عبر المقطع جانب القص ذو المحور القصير parasternal short-axis view على مستوى الصمام الأبهري بقياس قطر المخرج عند حلقة الصمام الرئوي²⁸.

3-1-4- قطر البطين الأيمن عند مستوى حلقة الصمام مثلث الشرف

تم قياس قطر البطين الأيمن عند مستوى حلقة الصمام مثلث الشرف Basal diameter عبر أخذ المقطع رباعي الأجواف four chamber view مع التركيز على البطين الأيمن.

4-1-4- قطر البطين الأيمن بمنتصفه

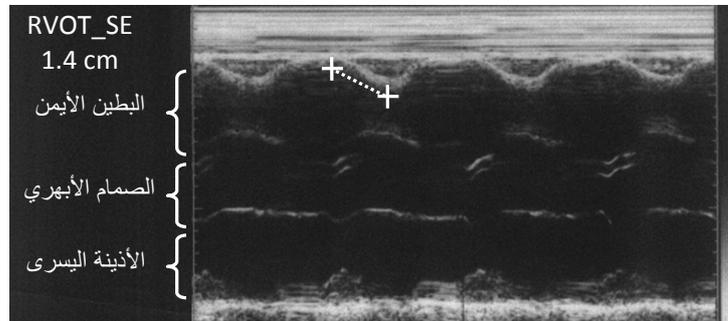
تم قياس قطر البطين الأيمن بمنتصفه Mid cavity diameter عبر أخذ المقطع رباعي الأجواف four chamber view مع التركيز على البطين الأيمن.

2-4- كيفية حساب طرق تقييم الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن

تم حساب خمسة طرق لتقييم الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن لدى جميع مرضى الدراسة وهي حركية مخرج البطين الأيمن (الطريقة المراد دراستها في هذا البحث) وتغير مساحة البطين الأيمن وحركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض (لاستخدامهما في فرز المرضى لمجموعة الحالة أو الشاهد) ونسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن وسرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي (لاستخدامهما في المقارنة مع حركية مخرج البطين الأيمن من حيث الحساسية والنوعية) كما يلي:

1-2-4- حركية مخرج البطين الأيمن

تم قياس حركية مخرج البطين الأيمن باستخدام الأمواج فوق الصوتية RVOT_SE عبر أخذ المقطع جانب القص ذو المحور القصير على مستوى الصمام الأبهري ثم استخدام الصدى القلبي أحادي البعد بشكل عامودي على مخرج البطين الأيمن مع وضع إعدادات العمق depth والتضخيم gain والتركيز focus بالشكل الأمثل. تم تعريف حركية مخرج البطين الأيمن بأنها مجال حركة شغاف الجدار الأمامي لمخرج البطين الأيمن أثناء الانقباض بالمليمتر (الشكل 26).

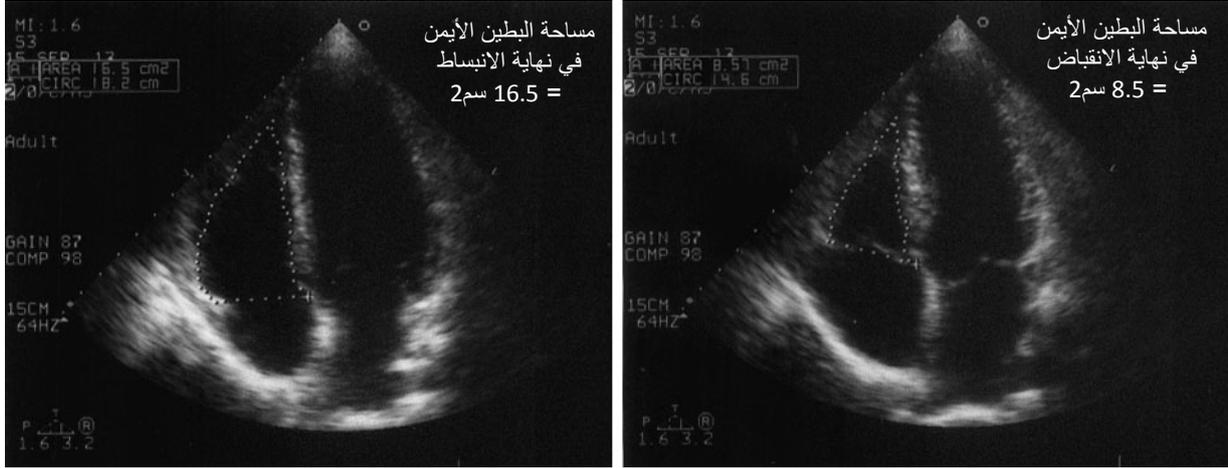


الشكل 26 كيفية حساب حركية مخرج البطين الأيمن RVOT_SE

حركية مخرج البطين الأيمن هي مجال حركة شغاف الجدار الأمامي لمخرج البطين الأيمن أثناء الانقباض

4-2-2- تغير مساحة البطين الأيمن

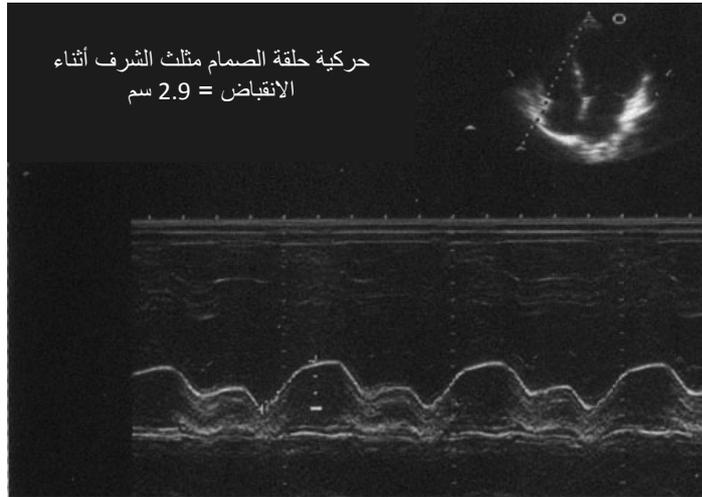
تم حساب تغير مساحة البطين الأيمن عبر أخذ المقطع رباعي الأجواف مع التركيز على البطين الأيمن، حيث تم حساب مساحة البطين الأيمن في نهاية الانقباض وفي نهاية الانقباض (حيث تم رسم حدود الشغاف بدون العضلات الحليمية والترابيق) واستعمال المعادلة: نسبة مساحة البطين الأيمن % = (مساحة نهاية الانقباض - مساحة نهاية الانقباض) / مساحة نهاية الانقباض $\times 100$ كما يظهر الشكل 27.



الشكل 27 كيفية حساب تغير مساحة البطين الأيمن من خلال المقطع رباعي الأجواف

4-2-3- حركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض

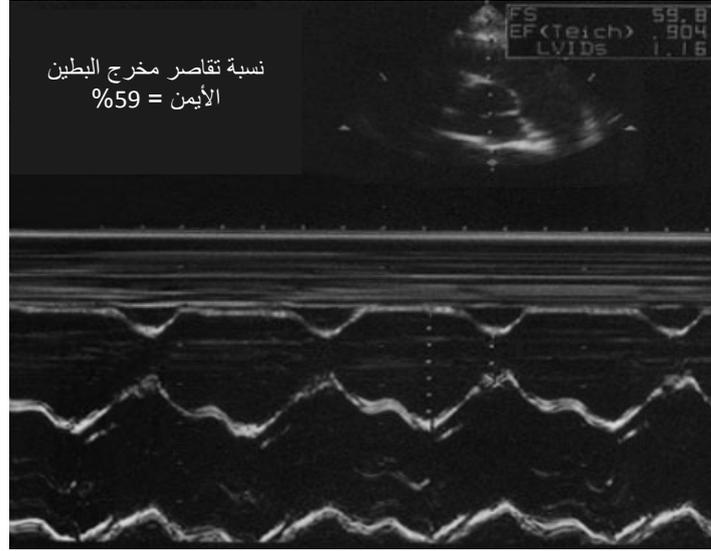
تم قياس حركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض بأخذ المقطع رباعي الأجواف مع التركيز على البطين الأيمن و تم استخدام الصدى القلبي أحادي البعد على الجدار الحر لحلقة مثلث الشرف وحساب مدى انزياح هذه الحلقة عند الانقباض (الشكل 28).



الشكل 28 كيفية حساب حركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض

4-2-4- نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن

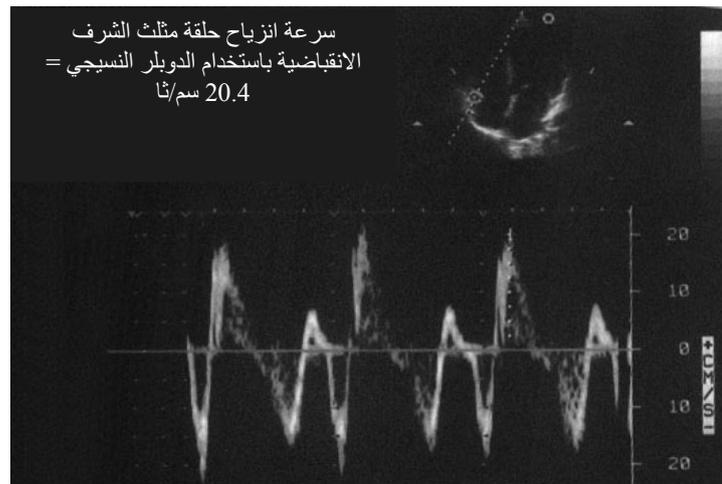
تم حساب نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن بنفس المقطع المستخدم لحساب حركية مخرج البطين الأيمن وذلك عبر المعادلة: نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن % = (قطر المخرج بالانبساط - قطر المخرج بالانقباض) / قطر المخرج بالانبساط × 100 كما يظهر الشكل 29.



الشكل 29 كيفية حساب نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن

4-2-5- سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي

تم قياس سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي عبر أخذ المقطع رباعي الأجواف ووضع عينة sample الدوبلر النسيجي النبضي pulsed-wave tissue doppler على الجدار الحر لحلقة مثلث الشرف وحساب سرعة الموجة S' (الشكل 30). (تم قياس هذه الطريقة فقط في جهازى الصدى القلبي philips HD9 و philips HD9 لعدم احتواء جهاز philips HD9 عليها).



الشكل 30 كيفية حساب سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي

3-4- كيفية حساب الضغط الرئوي الانقباضي

تم حساب الضغط الرئوي الانقباضي عبر قياس السرعة القصوى peak velocity لموجة قصور مثلث الشرف باستخدام الدوبلر ثم إضافة ضغط الأذينة اليمنى (والذي تم تقديره بالاستعانة بانخفاض قطر الأجوف السفلي أثناء الشهيق)^{44,52}. يظهر الجدول 4 الطريقة التي تم اعتمادها في هذه الدراسة لتقدير ضغط الأذينة اليمنى^{53,54}.

الجدول 4 كيفية تقدير ضغط الأذينة اليمنى

ضغط الأذينة اليمنى	انخفاضه مع الشهيق	قطر الأجوف السفلي
5 ملم زئبقي	أكثر من 50%	أقل من 1.7 سم
10 ملم زئبقي	أكثر من 50%	أكثر من 1.7 سم
15 ملم زئبقي	أقل من 50%	أكثر من 1.7 سم
20 ملم زئبقي	دون انخفاض مع الشهيق	أكثر من 1.7 سم

4-4- كيفية دراسة الأجوف القلبية اليسرى

تم حساب قطر جذر الأبهر وقطر الأذينة اليسرى وقطر نهاية الانبساط وقطر نهاية الانقباض للبطين الأيسر عبر أخذ المقطع جانب القص ذو المحور الطويل parasternal long-axis view. تم حساب الجزء المقذوف للبطين الأيسر عبر طريقة سيمبسون Simpson's method بالمقطع رباعي الأجوف.

5-4- كيفية دراسة الصمامات القلبية

تمت دراسة الصمامات القلبية الأربعة (الأبهري والتاجي والرئوي ومثلث الشرف) وفق المعايير والتقنيات المتبعة روتينياً وإهمال حالات القصور الخفيف وتسجيل حالات القصور المتوسط أو الشديد وحالات التضيق الصمامية

5- نتائج الدراسة

1-5- حجم العينة

بلغ عدد الأشخاص الكلي 104 حيث كان عدد الأشخاص في مجموعة الحالة 51 شخص وعدد الأشخاص في مجموعة الشاهد 53 شخص.

2-5- وصف عينة البحث

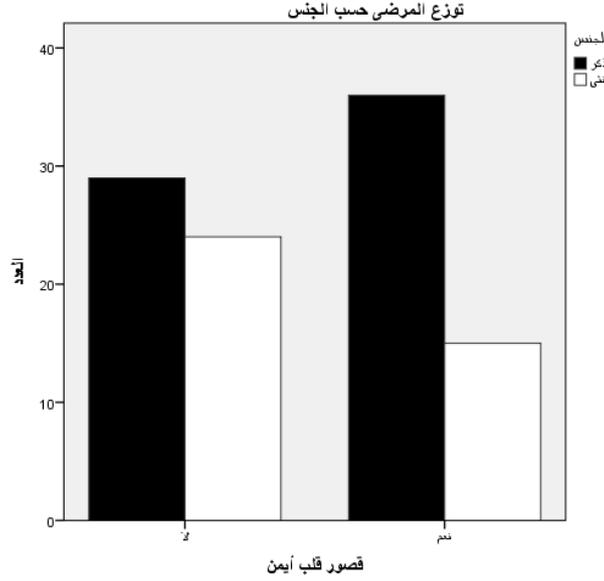
3-5- المقارنة بين مجموعة الحالة ومجموعة الشاهد من حيث خصائص المريض

1-3-5- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب العمر

تراوحت أعمار مرضى مجموعة الشاهد بين 18-91 سنة (الوسطى 53.3 والانحراف المعياري 18.3) تراوحت أعمار مرضى مجموعة الحالة بين 17-90 سنة (الوسطى 52.7 والانحراف المعياري 18.9) ولم يكن هناك فرق إحصائي هام من ناحية توزيع المرضى حسب العمر بين مجموعتي الحالة والشاهد (قيمة $P = 0.87$).

2-3-5- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب الجنس

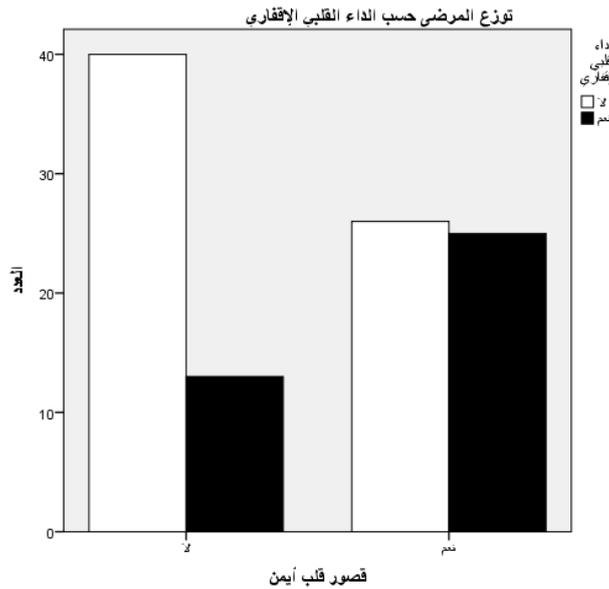
بلغ عدد الذكور في مجموعة الشاهد 29 ذكر (54.7%) بينما بلغ عدد الذكور في مجموعة الحالة 36 ذكر (70.6%) دون وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة $P = 0.14$). يظهر الشكل 31 توزيع المرضى حسب الجنس في كل من مجموعتي الدراسة والحالة والشاهد



الشكل 31 توزيع مرضى مجموعتي الدراسة المرضى حسب الجنس

3-3-5- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب الداء القلبي الإقفاري

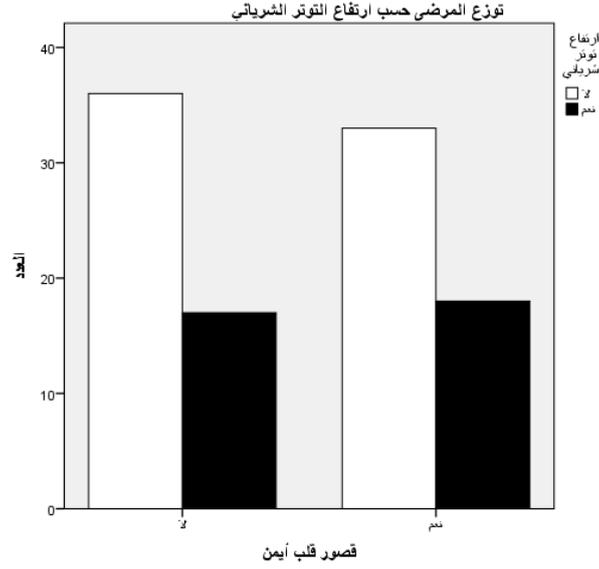
بلغ عدد مرضى الداء القلبي الإقفاري في مجموعة الشاهد 13 مريض (24.5%) وفي مجموعة الحالة 25 (49%) مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة $P = 0.01$). يظهر الشكل 32 توزيع المرضى حسب الداء القلبي الإقفاري في كل من مجموعتي الدراسة والحالة والشاهد



الشكل 32 توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب الداء القلبي الإقفاري

4-3-5- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب ارتفاع التوتر الشرياني

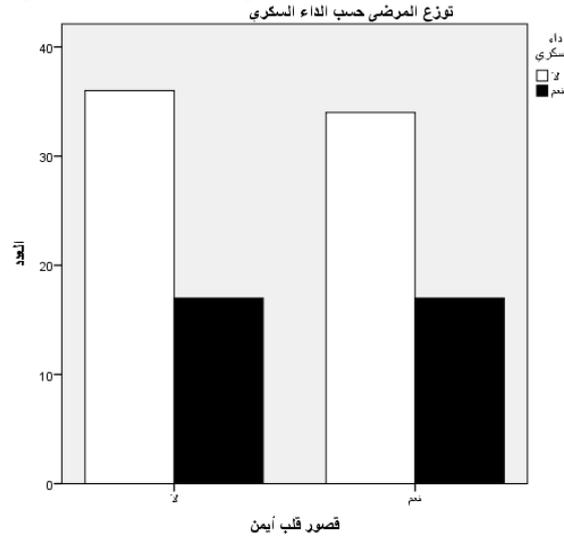
بلغ عدد مرضى ارتفاع التوتر الشرياني في مجموعة الشاهد 17 مريض (32.1%) وفي مجموعة الحالة 18 (35.3%) دون وجود فرق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة $P = 0.88$). يظهر الشكل 33 توزيع المرضى حسب ارتفاع التوتر الشرياني في كل من مجموعتي الدراسة الحالة والشاهد



الشكل 33 توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب ارتفاع التوتر الشرياني

5-3-5- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب الداء السكري

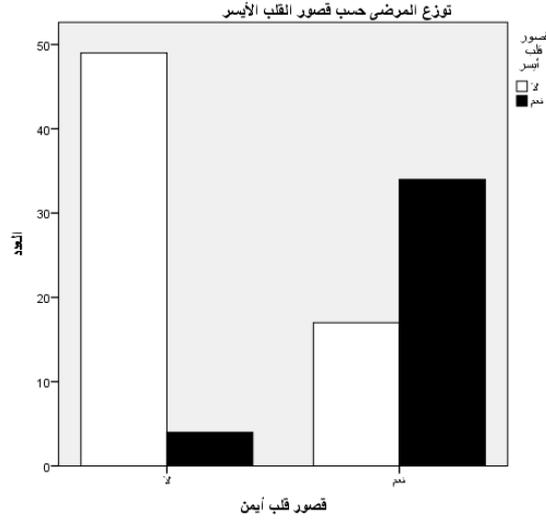
بلغ عدد مرضى الداء السكري في مجموعة الشاهد 17 مريض (32.1%) وفي مجموعة الحالة 17 (33.3%) دون وجود فرق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة $P = 1$). يظهر الشكل 34 توزيع المرضى حسب الداء السكري في كل من مجموعتي الدراسة الحالة والشاهد



الشكل 34 توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب الداء السكري

5-3-6- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب قصور القلب الأيسر

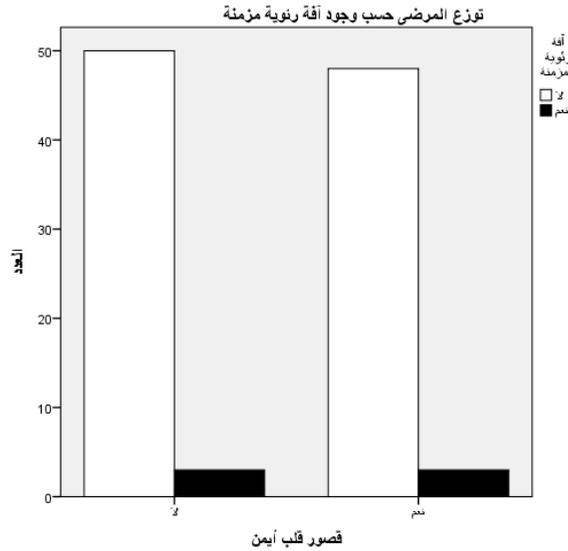
بلغ عدد مرضى قصور القلب الأيسر في مجموعة الشاهد 4 مريض (7.5%) وفي مجموعة الحالة 34 (66.7%) مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001). يظهر الشكل 35 توزيع المرضى حسب قصور القلب الأيسر في كل من مجموعتي الدراسة الحالة والشاهد



الشكل 35 توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب قصور القلب الأيسر

5-3-7- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود آفة رئوية مزمنة

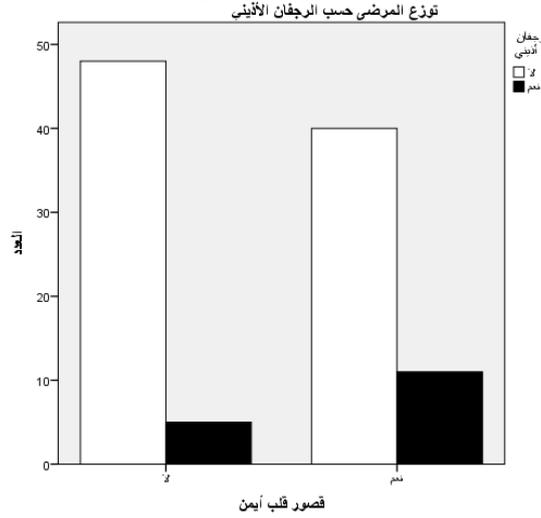
بلغ عدد مرضى الآفة الرئوية المزمنة في مجموعة الشاهد 3 مريض (5.7%) وفي مجموعة الحالة 3 (5.9%) دون وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P = 1). يظهر الشكل 36 توزيع المرضى حسب وجود آفة رئوية مزمنة في كل من مجموعتي الدراسة الحالة والشاهد



الشكل 36 توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود آفة رئوية مزمنة

8-3-5- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب الرجفان الأذيني

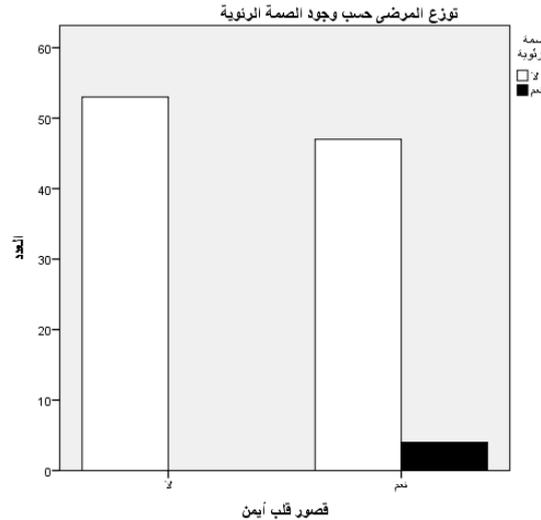
بلغ عدد مرضى الرجفان الأذيني في مجموعة الشاهد 5 مريض (9.4%) وفي مجموعة الحالة 11 (21.6%) دون وجود فرق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة $P = 0.14$). يظهر الشكل 37 توزيع المرضى حسب الرجفان الأذيني في كل من مجموعتي الدراسة الحالة والشاهد



الشكل 37 توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب الرجفان الأذيني

9-3-5- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود الصمة الرئوية

بلغ عدد مرضى الصمة الرئوية في مجموعة الشاهد 0 مريض (0%) وفي مجموعة الحالة 4 (7.8%) دون وجود فرق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة $P = 0.11$). يظهر الشكل 38 توزيع المرضى حسب وجود الصمة الرئوية في كل من مجموعتي الدراسة الحالة والشاهد



الشكل 38 توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود الصمة الرئوية

10-3-5- الخلاصة

بالخلاصة فإنه كان مرضى المجموعتين (الحالة والشاهد) متشابهين من حيث العمر والجنس وارتفاع التوتر الشرياني والداء السكري والآفة الرئوية المزمنة والرجفان الأذيني والصمة الرئوية مع قيمة P غير هامة إحصائياً (P أكبر من 0.05). بينما كان عدد مرضى قصور القلب الأيسر أكثر في مجموعة الحالة (P أقل من 0.0001) ومرضى الداء القلبي الإقفاري أكثر في مجموعة الحالة (P=0.01).
يلخص الجدول 5 المقارنة بين مجموعة الحالة ومجموعة الشاهد من حيث خصائص المريض

الجدول 5 مقارنة بين مجموعة الحالة ومجموعة الشاهد من حيث خصائص المريض

قيمة P	مجموعة الحالة (51 مريض)	مجموعة الشاهد (53 مريض)	
0.87	18.9 ± 52.7	18.3 ± 53.3	العمر (سنة)
0.14	36 (70.6%)	29 (54.7%)	الجنس (ذكر)
0.01	25 (49%)	13 (24.5%)	داء قلبي إقفاري
0.88	18 (35.3%)	17 (32.1%)	ارتفاع توتر شرياني
1	17 (33.3%)	17 (32.1%)	داء سكري
<0.0001	34 (66.7%)	4 (7.5%)	قصور قلب أيسر
1	3 (5.9%)	3 (5.7%)	آفة رئوية مزمنة
0.14	11 (21.6%)	5 (9.4%)	رجفان أذيني
0.11	4 (7.8%)	0	صمة رئوية

4-5- المقارنة بين مجموعة الحالة ومجموعة الشاهد من حيث موجودات الإيكو

1-4-5- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب قطر جذر الأبهري

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي قطر جذر الأبهري 3 سم مع انحراف معياري 0.3 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 3 سم مع انحراف معياري 0.3 دون وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P = 0.48).

2-4-5- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب قطر الأذينة اليسرى

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي قطر الأذينة اليسرى 3.7 سم مع انحراف معياري 0.8 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 4.3 سم مع انحراف معياري 0.8 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

3-4-5- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب قطر نهاية الانبساط للبطين الأيسر

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي قطر نهاية الانبساط للبطين الأيسر 4.8 سم مع انحراف معياري 0.6 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 5.5 سم مع انحراف معياري 1 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

5-4-4-4- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب قطر نهاية الانقباض للبطين الأيسر

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي قطر نهاية الانقباض للبطين الأيسر 3.2 سم مع انحراف معياري 0.7 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 4.4 سم مع انحراف معياري 1.3 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

5-4-4-5- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب الجزء المقذوف

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي الجزء المقذوف 62.2 % مع انحراف معياري 10.8 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 36.1 % مع انحراف معياري 17.6 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

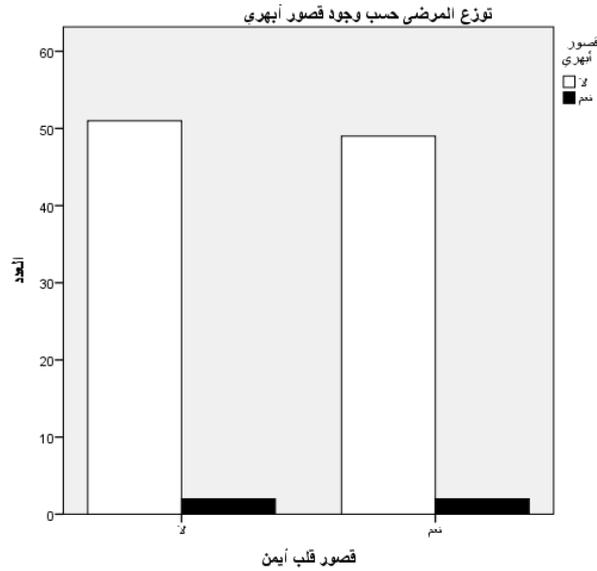
5-4-4-6- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب وجود تضيق أبهري

لم تشمل الدراسة أي مريض تضيق أبهري في كل من مجموعتي الحالة والشاهد

5-4-4-7- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب وجود قصور أبهري

بلغ عدد مرضى قصور الأبهر في مجموعة الشاهد 2 مريض (3.8%) وفي مجموعة الحالة 2 (3.9%) دون وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P = 1).

يظهر الشكل 39 توزيع المرضى حسب وجود قصور أبهري في كل من مجموعتي الدراسة الحالة والشاهد

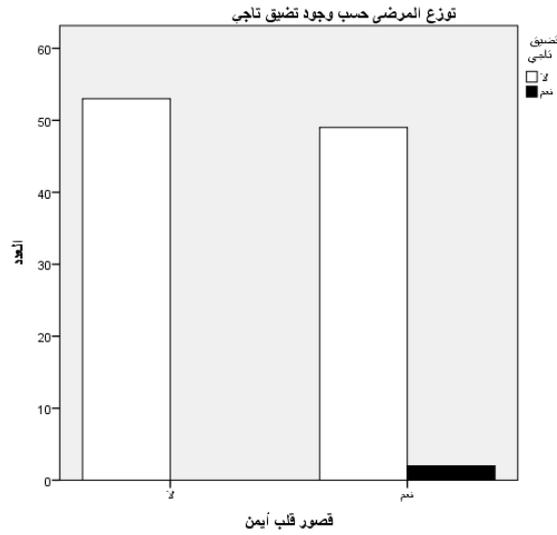


الشكل 39 توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود قصور أبهري

5-4-4-8- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب وجود تضيق تاجي

بلغ عدد مرضى تضيق التاجي في مجموعة الشاهد 0 مريض (0%) وفي مجموعة الحالة 2 (3.9%) دون وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P = 0.23).

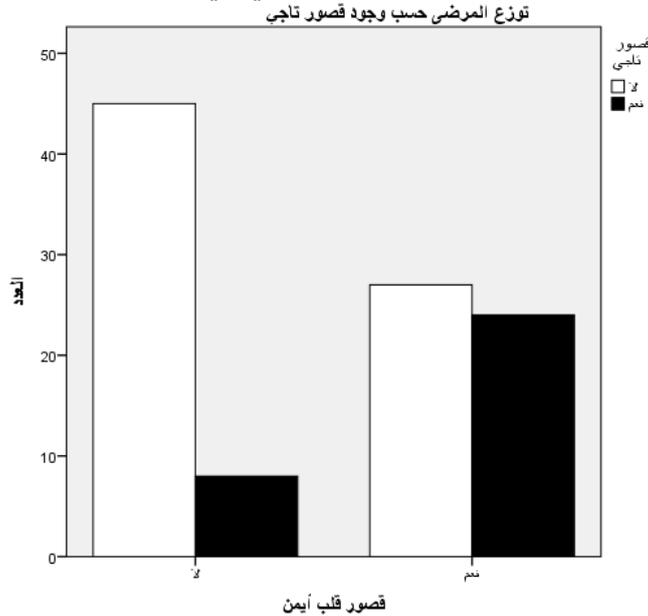
يظهر الشكل 40 توزيع المرضى حسب وجود تضيق تاجي في كل من مجموعتي الدراسة الحالة والشاهد



الشكل 40 توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود تضيق تاجي

9-4-5- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب وجود قصور تاجي

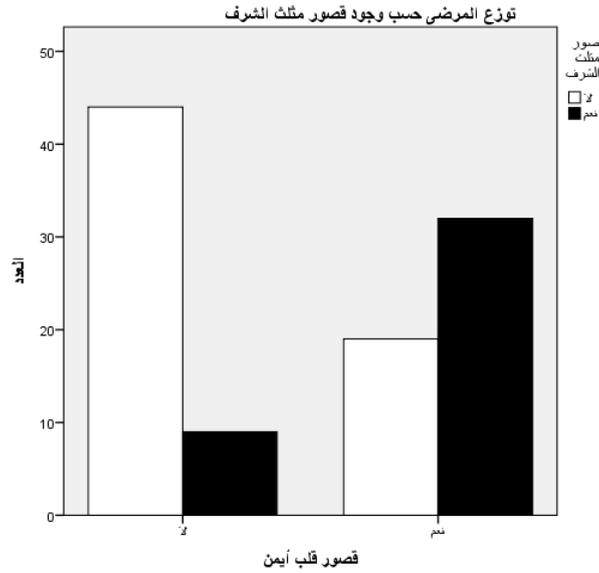
بلغ عدد مرضى قصور التاجي في مجموعة الشاهد 8 مريض (15.1%) وفي مجموعة الحالة 24 (47.1%) مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة $P = 0.001$). يظهر الشكل 41 توزيع المرضى حسب وجود قصور تاجي في كل من مجموعتي الدراسة والحالة والشاهد



الشكل 41 توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود قصور تاجي

10-4-5- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب وجود قصور مثلث الشرف:

بلغ عدد مرضى قصور مثلث الشرف في مجموعة الشاهد 9 مرضى (17%) وفي مجموعة الحالة 32 (62.7%) مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001). يظهر الشكل 42 توزيع المرضى حسب وجود قصور مثلث الشرف في كل من مجموعتي الدراسة والحالة والشاهد



الشكل 42 توزيع مرضى مجموعتي الدراسة حسب وجود قصور مثلث الشرف

11-4-5 - توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب سرعة قصور مثلث الشرف

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي سرعة قصور مثلث الشرف 2.4 م/ثا مع انحراف معياري 0.6 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 3.1 م/ثا مع انحراف معياري 0.6 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

12-4-5 - توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب ضغط الأذينة اليمنى

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي ضغط الأذينة اليمنى 6.7 ملم ز مع انحراف معياري 4.2 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 16.1 ملم ز مع انحراف معياري 5 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

13-4-5 - توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب الضغط الرئوي الانقباضي

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي ضغط الضغط الرئوي الانقباضي 33.6 ملم ز مع انحراف معياري 15.4 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 55.1 ملم ز مع انحراف معياري 16.7 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

14-4-5 - توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب مساحة الأذينة اليمنى

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي مساحة الأذينة اليمنى 16.4 سم² مع انحراف معياري 7.5 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 27.9 سم² مع انحراف معياري 14.1 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

15-4-5 - توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب قطر البطين الأيمن عند مستوى الحلقة

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي قطر البطين الأيمن عند مستوى الحلقة 4 سم مع انحراف معياري 0.7 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 5.2 سم مع انحراف معياري 0.9 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

5-4-16- توزع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب قطر البطين الأيمن في منتصفه

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي قطر البطين الأيمن في منتصفه 3 سم مع انحراف معياري 0.5 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 4 سم مع انحراف معياري 0.8 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

5-4-17- توزع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب قطر المخرج القريب

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي قطر المخرج القريب 3.3 سم مع انحراف معياري 0.4 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 3.9 سم مع انحراف معياري 0.7 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

5-4-18- توزع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب قطر المخرج البعيد

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي قطر المخرج البعيد 2.4 سم مع انحراف معياري 0.3 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 2.8 سم مع انحراف معياري 0.3 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

5-4-19- توزع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب قطر المخرج بالانبساط

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي قطر المخرج بالانبساط 3.3 سم مع انحراف معياري 0.5 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 3.7 سم مع انحراف معياري 0.7 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P = 0.006).

5-4-20- توزع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب قطر المخرج بالانقباض

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي قطر المخرج بالانقباض 1.6 سم مع انحراف معياري 0.4 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 2.9 سم مع انحراف معياري 0.7 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

5-4-21- توزع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب حركية حلقة مثلث الشرف بالانقباض

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي حركية حلقة مثلث الشرف بالانقباض 2.2 سم مع انحراف معياري 0.3 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 1.1 سم مع انحراف معياري 0.2 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

5-4-22- توزع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب تغير مساحة البطين الأيمن

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي تغير مساحة البطين الأيمن 45.9% مع انحراف معياري 6.5 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 20.4% مع انحراف معياري 7.7 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

5-4-23- توزع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب نسبة تقاصر البطين الأيمن

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي نسبة تقاصر البطين الأيمن 52.1% مع انحراف معياري 8 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 22.1% مع انحراف معياري 8.8 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

5-4-24- توزيع مرضى مجموعتي الدراسة بحسب سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية بالدوبلر النسيجي

في مجموعة الشاهد بلغ وسطي سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية بالدوبلر النسيجي 14.3 سم/ثا مع انحراف معياري 3.2 وفي مجموعة الحالة بلغ الوسطي 8.1 سم/ثا مع انحراف معياري 1.2 مع وجود فارق إحصائي هام بين المجموعتين (قيمة P أقل من 0.0001).

5-4-25- الخلاصة

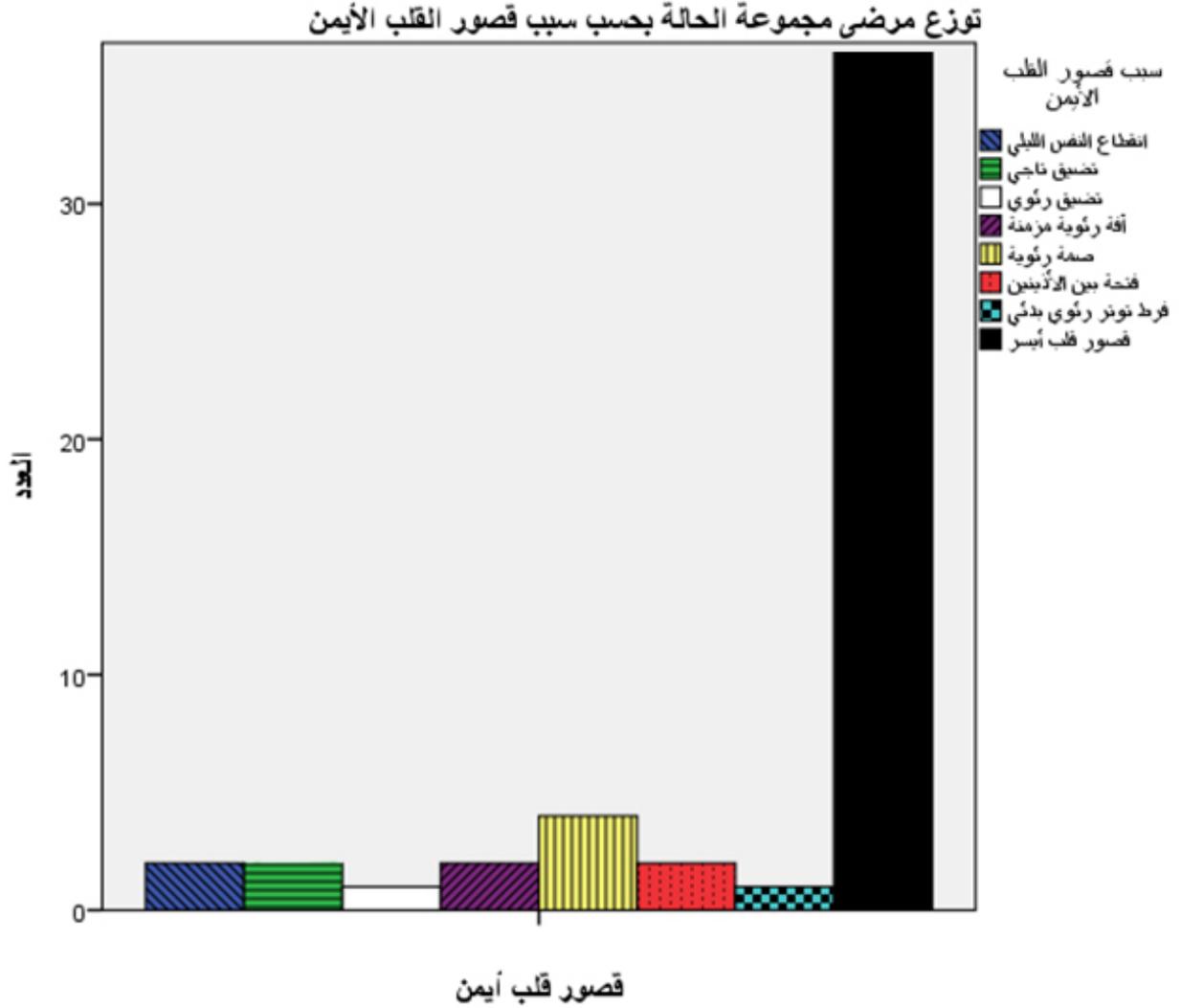
بالخلاصة فإنه كان مرضى المجموعتين متشابهين من حيث قطر جذر الأبهر ووجود آفات صمامية هامة عدا قصور التاجي (47% في مجموعة الحالة مقابل 15% في مجموعة الشاهد $P=0.0001$) و قصور مثلث الشرف (62% في مجموعة الحالة مقابل 17% في مجموعة الشاهد P أقل من 0.0001). مرضى مجموعة الحالة كان لديهم قطر أذينة يسرى أكبر وأبعاد بطين أيسر أكبر وجزء مقذوف أقل من مجموعة الشاهد (P أقل من 0.0001) وذلك لأن أشيع سبب لقصور القلب الأيمن هو قصور القلب الأيسر وهكذا احتوت مجموعة الحالة كونها مرضى قصور قلب أيمن على نسبة أعلى من مرضى قصور القلب الأيسر مقارنة مع مرضى مجموعة الشاهد. وكما هو متوقع فإن مرضى مجموعة الحالة كانت لديهم أبعاد البطين الأيمن جميعها ومساحة الأذينة اليمنى وضغط الأذينة اليمنى والضغط الرئوي الانقباضي وسرعة قصور مثلث الشرف أكبر بشكل هام إحصائياً من مجموعة الشاهد (P أقل من 0.0001 عدا قطر المخرج بالانبساط $P=0.006$)، وكانت قيم طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن جميعها أقل لدى مرضى مجموعة الحالة من مرضى مجموعة الشاهد بشكل هام إحصائياً (P أقل من 0.0001). يلخص الجدول 6 المقارنة بين مجموعة الحالة ومجموعة الشاهد من حيث موجودات الإيكو

الجدول 6 مقارنة بين مجموعة الحالة ومجموعة الشاهد من حيث موجودات الإيكو

قيمة P	مجموعة الحالة (51 مريض)	مجموعة الشاهد (53 مريض)	
0.48	0.3 ± 3.0	0.3 ± 3.0	جذر الأبهر(سم)
<0.0001	0.8 ± 4.3	0.8 ± 3.7	الأذينة اليسرى(سم)
<0.0001	1 ± 5.5	0.6 ± 4.8	قطر نهاية الانبساط للبطين الأيسر(سم)
<0.0001	1.3 ± 4.4	0.7 ± 3.2	قطر نهاية الانقباض للبطين الأيسر(سم)
<0.0001	17.6 ± 36.1	10.8 ± 62.2	الجزء المقذوف EF(%)
1	0	0	تضييق الأبهرى
1	(%3.9)2	(%3.8)2	قصور الأبهرى
0.23	(%3.9)2	0	تضييق التاجى
0.001	(%47.1)24	(%15.1)8	قصور التاجى
<0.0001	(%62.7)32	(%17)9	قصور مثلث الشرف
<0.0001	0.6 ± 3.1	0.6 ± 2.4	سرعة قصور مثلث الشرف(م/ثا)
<0.0001	5 ± 16.1	4.2 ± 6.7	ضغط الأذينة اليمنى(ملم ز)
<0.0001	16.7 ± 55.1	15.4 ± 33.6	الضغط الرئوى الانقباضى(ملم ز)
<0.0001	14.1 ± 27.9	7.5 ± 16.4	مساحة الأذينة اليمنى(سم ²)
<0.0001	0.9 ± 5.2	0.7 ± 4	قطر البطين الأيمن عند مستوى الحلقة(سم)
<0.0001	0.8 ± 4	0.5 ± 3	قطر البطين الأيمن في منتصفه(سم)
<0.0001	0.7 ± 3.9	0.4 ± 3.3	قطر المخرج القريب(سم)
<0.0001	0.3 ± 2.8	0.3 ± 2.4	قطر المخرج البعيد(سم)
0.006	0.7 ± 3.7	0.5 ± 3.3	قطر المخرج بالانبساط(سم)
<0.0001	0.7 ± 2.9	0.4 ± 1.6	قطر المخرج بالانقباض(سم)
<0.0001	0.2 ± 1.1	0.3 ± 2.2	حركية حلقة مثلث الشرف بالانقباض(سم)
<0.0001	7.7 ± 20.4	6.5 ± 45.9	تغير مساحة البطين الأيمن(%)
<0.0001	8.8 ± 22.1	8 ± 52.1	نسبة تقاصر البطين الأيمن(%)
<0.0001	1.2 ± 8.1	3.2 ± 14.3	حركية حلقة المثلث بالدوبلر النسيجي(سم/ثا)

5-5- توزيع مرضى مجموعة الحالة بحسب سبب قصور القلب الأيمن

بلغ عدد مرضى مجموعة الحالة (مرضى قصور القلب الأيمن) 51 مريض توزعوا كما يظهر الشكل 43 على عدة أسباب لقصور القلب الأيمن كما يلي: 72.5% (37 مريض) من مرضى مجموعة الحالة كان سبب قصور القلب الأيمن لديهم قصور القلب الأيسر، 7.8% (4 مرضى) صمة رئوية، 3.9% (مريضين) تضيق تاجي، 3.9% (مريضين) آفة رئوية مزمنة، 3.9% (مريضين) انقطاع النفس الليلي، 3.9% (مريضين) فتحة بين الأذنين، 2% (مريض واحد) فرط توتر رئوي بدئي، 2% (مريض واحد) تضيق رئوي.



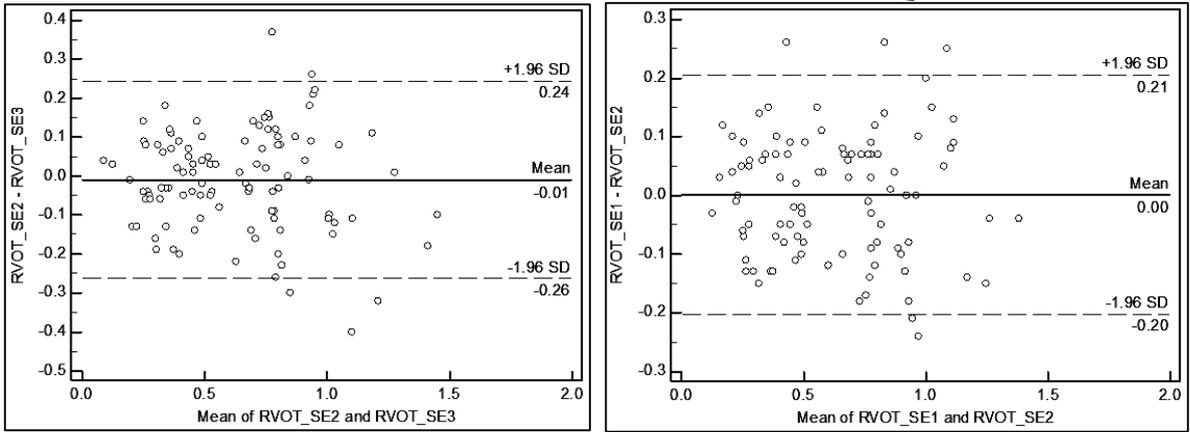
الشكل 43 توزيع مرضى مجموعة الحالة بحسب سبب قصور القلب الأيمن

5-6- دقة قياس طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية

5-6-1- استخدام مخطط بلاند وألتمان لحساب دقة قياس طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية

5-6-1-1- دقة قياس حركية مخرج البطين الأيمن

بلغ تغير القياسات لحركية مخرج البطين الأيمن بالنسبة لنفس الفاحص 0.10 ± 0.0 ملم وتغير القياسات بالنسبة لفاحصين مختلفين -0.01 ± 0.12 ملم مما يدل على دقة عالية في قياس حركية مخرج البطين الأيمن (بالنسبة لنفس الفاحص وبالنسبة لفاحصين مختلفين). كما يظهر الشكل 44 حيث تعبر النقط عن التقاء متوسط القياسين مع الفرق بين هذين القياسين.



(B)

(A)

الشكل 44 مخطط بلاند وألتمان لقياس حركية مخرج البطين الأيمن

(A) تغير القياسات بالنسبة لنفس الفاحص (B) تغير القياسات بالنسبة لفاحصين مختلفين.

RVOT_SE1 هو القياس الأول لحركية مخرج البطين الأيمن وRVOT_SE2 هو القياس الثاني من قبل نفس الفاحص وRVOT_SE3 هو القياس الثالث من قبل فاحص آخر.

5-6-1-2- دقة قياس تغير مساحة البطين الأيمن

بلغ تغير القياسات لتغير مساحة البطين الأيمن بالنسبة لنفس الفاحص 1.2 ± 6.4 % وتغير القياسات بالنسبة لفاحصين مختلفين 2.5 ± 13.1 % مما يدل على دقة عالية في قياس تغير مساحة البطين الأيمن (بالنسبة لنفس الفاحص وبالنسبة لفاحصين مختلفين). كما يظهر الشكل 45 حيث تعبر النقط عن التقاء متوسط القياسين مع الفرق بين هذين القياسين.

5-6-1-3- دقة قياس حركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض

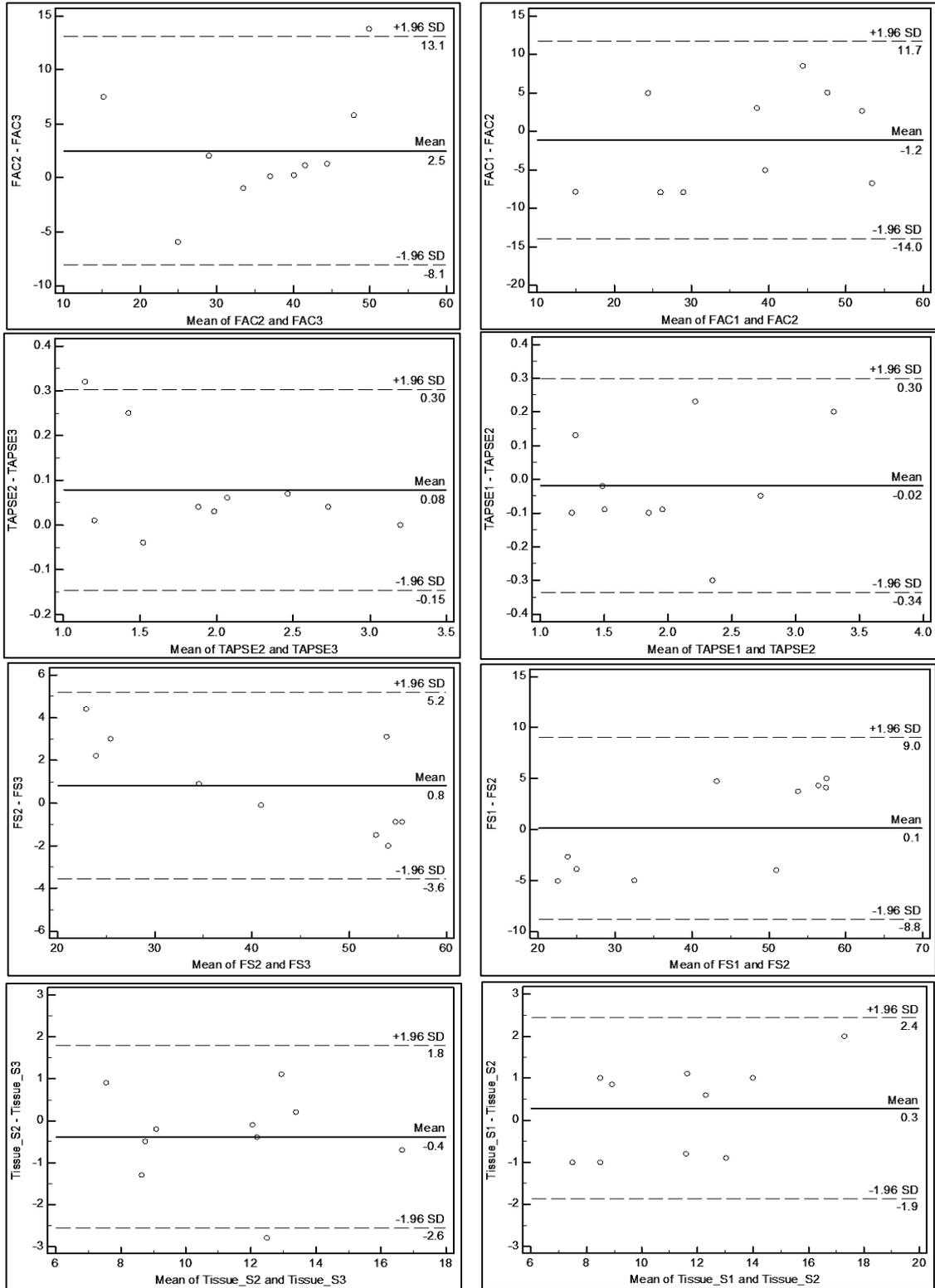
بلغ تغير القياسات لحركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض بالنسبة لنفس الفاحص 0.02 ± 0.16 ملم وتغير القياسات بالنسبة لفاحصين مختلفين 0.08 ± 0.11 ملم، مما يدل على دقة عالية في قياس حركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض (بالنسبة لنفس الفاحص وبالنسبة لفاحصين مختلفين). كما يظهر الشكل 45 حيث تعبر النقط عن التقاء متوسط القياسين مع الفرق بين هذين القياسين.

4-1-6-5 دقة قياس نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن

بلغ تغير القياسات لنسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن بالنسبة لنفس الفاحص 4.5 ± 0.1 % وتغير القياسات بالنسبة لفاحصين مختلفين 2.2 ± 0.8 %، مما يدل على دقة عالية في قياس نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن (بالنسبة لنفس الفاحص وبالنسبة لفاحصين مختلفين). كما يظهر الشكل 45 حيث تعبر النقط عن التقاء متوسط القياسين مع الفرق بين هذين القياسين.

5-1-6-5 دقة قياس سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي

بلغ تغير القياسات لسرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي بالنسبة لنفس الفاحص 1.0 ± 0.3 سم/ثا وتغير القياسات بالنسبة لفاحصين مختلفين 1.1 ± 0.4 سم/ثا، مما يدل على دقة عالية في قياس سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي (بالنسبة لنفس الفاحص وبالنسبة لفاحصين مختلفين). كما يظهر الشكل 45 حيث تعبر النقط عن التقاء متوسط القياسين مع الفرق بين هذين القياسين.



الشكل 45 مخطط بلاند وأتمان لطرق تقييم البطين الأيمن

العمود الأيمن لتغير القياسات بالنسبة لنفس الفاحص العمود الأيسر لتغير القياسات بالنسبة لفاحصين مختلفين، السطر 1 لتغير مساحة البطين الأيمن، السطر 2 لحركية حلقة مثلث الشرف أثناء الانقباض، السطر 3 لنسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن، السطر 4 لسرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي.

5-6-1-6- الخلاصة

الخلاصة أنه باستخدام مخطط بلاند وألتمان تم حساب دقة قياس الطرق الخمسة المتبعة في تقييم الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن وأظهرت النتيجة توافق القياسات في كل طريقة من الطرق الخمسة بشكل كبير (بالنسبة لنفس الفاحص وبالنسبة لفاحصين مختلفين).

5-6-2- استخدام معامل الترابط داخل الصنف لحساب دقة قياس طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية

5-6-2-1- دقة قياس حركية مخرج البطين الأيمن

بلغ معامل الترابط داخل الصنف لقياس حركية مخرج البطين الأيمن بالنسبة لنفس الفاحص 0.93 (قيمة P أقل من 0.0001) وبلغ معامل الترابط داخل الصنف بالنسبة لفاحصين مختلفين 0.90 (قيمة P أقل من 0.0001) مما يدل على دقة عالية في قياس حركية مخرج البطين الأيمن (بالنسبة لنفس الفاحص وبالنسبة لفاحصين مختلفين).

5-6-2-2- دقة قياس تغير مساحة البطين الأيمن

بلغ معامل الترابط داخل الصنف لقياس تغير مساحة البطين الأيمن بالنسبة لنفس الفاحص 0.88 (قيمة P أقل من 0.0001) وبلغ معامل الترابط داخل الصنف بالنسبة لفاحصين مختلفين 0.87 (قيمة P أقل من 0.0001) مما يدل على دقة عالية في قياس تغير مساحة البطين الأيمن (بالنسبة لنفس الفاحص وبالنسبة لفاحصين مختلفين).

5-6-2-3- دقة قياس حركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض

بلغ معامل الترابط داخل الصنف لقياس حركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض بالنسبة لنفس الفاحص 0.97 (قيمة P أقل من 0.0001) وبلغ معامل الترابط داخل الصنف بالنسبة لفاحصين مختلفين 0.98 (قيمة P أقل من 0.0001) مما يدل على دقة عالية في قياس حركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض (بالنسبة لنفس الفاحص وبالنسبة لفاحصين مختلفين).

5-6-2-4- دقة قياس نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن

بلغ معامل الترابط داخل الصنف لقياس نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن بالنسبة لنفس الفاحص 0.95 (قيمة P أقل من 0.0001) وبلغ معامل الترابط داخل الصنف بالنسبة لفاحصين مختلفين 0.98 (قيمة P أقل من 0.0001) مما يدل على دقة عالية في قياس نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن (بالنسبة لنفس الفاحص وبالنسبة لفاحصين مختلفين).

5-6-2-5- دقة قياس سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي

بلغ معامل الترابط داخل الصنف لقياس سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي بالنسبة لنفس الفاحص 0.93 (قيمة P أقل من 0.0001) وبلغ معامل الترابط داخل الصنف بالنسبة لفاحصين مختلفين 0.92 (قيمة P أقل من 0.0001) مما يدل على دقة عالية في قياس سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي (بالنسبة لنفس الفاحص وبالنسبة لفاحصين مختلفين).

5-6-2-6- الخلاصة

الخلاصة أنه باستخدام معامل الترابط داخل الصنف تم حساب دقة قياس الطرق الخمسة المتبعة في تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية وأظهرت النتيجة وجود توافق كبير بين القياسات في كل طريقة من الطرق الخمسة (بالنسبة لنفس الفاحص وبالنسبة لفاحصين مختلفين) حيث كان معامل الترابط داخل الصنف لجميع الطرق أكبر من 0.85 (P أقل من 0.0001).
يلخص الجدول 7 معامل الترابط داخل الصنف للطرق الخمسة المستخدمة في تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية بالنسبة لنفس الفاحص وبالنسبة لفاحصين مختلفين.

الجدول 7 معامل الترابط داخل الصنف لطرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية

التغير بين القياسات بالنسبة لفاحصين مختلفين			التغير بين القياسات بالنسبة لنفس الفاحص			
قيمة P	مجال الثقة	معامل الترابط	قيمة P	مجال الثقة	معامل الترابط	
<0.0001	0.93-0.86	0.90	<0.0001	0.95-0.91	0.93	حركية مخرج البطين الأيمن
<0.0001	0.58-0.99	0.87	<0.0001	0.61-0.97	0.88	تغير مساحة البطين الأيمن
<0.0001	0.90-0.99	0.98	<0.0001	0.89-0.99	0.97	حركية حلقة مثلث الشرف أثناء الانقباض
<0.0001	0.95-0.99	0.98	<0.0001	0.84-0.99	0.95	نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن
<0.0001	0.73-0.98	0.92	<0.0001	0.78-0.98	0.93	سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي

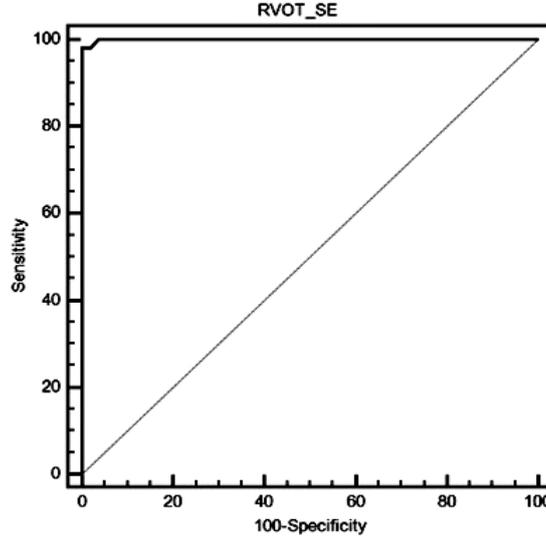
5-7- حركية مخرج البطين الأيمن كطريقة لتقييم الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن

5-7-1- الفارق في حركية مخرج البطين الأيمن بين مجموعتي الحالة والشاهد

كان الفرق واضحاً عيانياً في كثير من الأحيان بين حركية مخرج البطين الأيمن عند الأشخاص الطبيعيين وعند مرضى قصور القلب الأيمن حتى قبل إجراء القياسات.
تراوحت قيم حركية مخرج البطين الأيمن في مجموعة الشاهد بين 0.56-1.42 سم (الوسطي 0.86 والانحراف المعياري 0.18).
تراوحت قيم حركية مخرج البطين الأيمن في مجموعة الحالة بين 0.14-0.63 سم (الوسطي 0.37 والانحراف المعياري 0.11).
مع وجود فارق إحصائي هام من حيث قيم حركية مخرج البطين الأيمن بين مجموعتي الحالة والشاهد (قيمة P أقل من 0.0001).

5-7-2- حساسية ونوعية حركية مخرج البطين الأيمن في تشخيص قصور القلب الأيمن

تم استخدام تحليل منحنى روك لحساب أفضل قيمة لحركية مخرج البطين الأيمن من حيث الحساسية والنوعية وتبين أنه عند قيمة حركية مخرج البطين الأيمن أصغر أو تساوي 0.54 سم كانت حساسية الاختبار تساوي 98% ونوعية الاختبار تساوي 100% وذلك بمساحة تحت المنحني Area Under the Curve تساوي 0.999 (قيمة P أقل من 0.0001) كما يظهر الشكل 46.



الشكل 46 منحنى روك لحركية مخرج البطين الأيمن

يظهر الجدول 8 جدول 2×2 لحركية مخرج البطين الأيمن في مجموعتي الحالة والشاهد وذلك باعتبار حركية مخرج البطين الأيمن إيجابية عند قيمة أصغر أو تساوي 0.54 سم وسلبية عند قيمة أكبر منها. باستخدام القوانين التالية تم حساب الحساسية والنوعية والقيمة التنبؤية من الإيجابية والقيمة التنبؤية من السلبية:

$$\text{الحساسية} = \frac{\text{الإيجابية الحقيقية}}{\text{الإيجابية الحقيقية} + \text{السلبية الكاذبة}}$$

$$\text{النوعية} = \frac{\text{السلبية الحقيقية}}{\text{السلبية الحقيقية} + \text{الإيجابية الكاذبة}}$$

$$\text{القيمة التنبؤية من الإيجابية} = \frac{\text{الإيجابية الحقيقية}}{\text{الإيجابية الحقيقية} + \text{الإيجابية الكاذبة}}$$

$$\text{القيمة التنبؤية من السلبية} = \frac{\text{السلبية الحقيقية}}{\text{السلبية الحقيقية} + \text{السلبية الكاذبة}}$$

بلغت حساسية حركية مخرج البطين الأيمن في تشخيص قصور القلب الأيمن 98% والنوعية 100% والقيمة التنبؤية من الإيجابية 100% والقيمة التنبؤية من السلبية 98%.

الجدول 8 جدول 2×2 لحركية مخرج البطين الأيمن في مجموعتي الحالة والشاهد

المجموع	مجموعة الشاهد	مجموعة الحالة	
50	0	50	حركية مخرج البطين الأيمن إيجابية
54	53	1	حركية مخرج البطين الأيمن سلبية
104	53	51	المجموع

5-7-3- مقارنة حساسية ونوعية حركية مخرج البطين الأيمن مع حساسية ونوعية بقية الطرق

يظهر الجدول 9 جدول 2×2 لسرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي في مجموعتي الحالة والشاهد وذلك باعتبار سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف إيجابية عند قيمة أقل أو تساوي 10 سم/ثا وسلبية عند قيمة أكبر من 10 سم/ثا. بلغت حساسية سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف باستخدام الدوبلر النسيجي 96% والنوعية 94% والقيمة التنبؤية من الإيجابية 94% والقيمة التنبؤية من السلبية 96%.

الجدول 9 جدول 2×2 لسرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي

المجموع	مجموعة الشاهد	مجموعة الحالة	
52	3	49	سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف بالدوبلر إيجابية
52	50	2	سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف بالدوبلر سلبية
104	53	51	المجموع

يظهر الجدول 10 جدول 2×2 لنسبة تقاصر البطين الأيمن في مجموعتي الحالة والشاهد وذلك باعتبار نسبة تقاصر البطين الأيمن إيجابية عند قيمة أقل أو تساوي 30% وسلبية عند قيمة أكبر من 30%. بلغت حساسية نسبة تقاصر البطين الأيمن 80% والنوعية 98% والقيمة التنبؤية من الإيجابية 97% والقيمة التنبؤية من السلبية 83%.

الجدول 10 جدول 2×2 لنسبة تقاصر البطين الأيمن في مجموعتي الحالة والشاهد

المجموع	مجموعة الشاهد	مجموعة الحالة	
42	1	41	نسبة تقاصر البطين الأيمن إيجابية
62	52	10	نسبة تقاصر البطين الأيمن سلبية
104	53	51	المجموع

يوضح الجدول 11 المقارنة بين حساسية ونوعية حركية مخرج البطين الأيمن وبين بقية الطرق لتقييم الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن.

الجدول 11 مقارنة بين حساسية ونوعية طرق تقييم الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن

الطريقة	الحساسية	النوعية	القيمة التنبؤية من الإيجابية	القيمة التنبؤية من السلبية
حركية مخرج البطين الأيمن	98%	100%	100%	98%
سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي	96%	94%	94%	96%
نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن	80%	98%	97%	83%

4-7-5- العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن وموجودات المريض الأخرى

1-4-7-5 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن والعمر

بحساب معامل الترابط R بين حركة مخرج البطين الأيمن والعمر كانت النتيجة $R=0.16$ مع قيمة $P=0.09$ مما يدل على عدم وجود ترابط هام إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن وعمر المريض.

2-4-7-5 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن والجنس

كما يظهر الجدول 12 لم يكن هناك علاقة هامة إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن وجنس المريض ($P=0.06$).

الجدول 12 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن والجنس

قيمة P	الانحراف المعياري	الوسطي	العدد	الجنس	
0.06	0.27	0.58	65	ذكر	حركة مخرج البطين الأيمن
	0.30	0.69	39	انثى	

3-4-7-5 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن وارتفاع التوتر الشرياني

كما يظهر الجدول 13 لم يكن هناك علاقة هامة إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن وارتفاع التوتر الشرياني ($P=0.82$).

الجدول 13 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن وارتفاع التوتر الشرياني

قيمة P	الانحراف المعياري	الوسطي	العدد	ارتفاع التوتر الشرياني	
0.82	0.28	0.62	69	لا	حركة مخرج البطين الأيمن
	0.28	0.61	35	نعم	

4-4-7-5 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن والداء السكري

كما يظهر الجدول 14 لم يكن هناك علاقة هامة إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن والداء السكري ($P=0.98$).

الجدول 14 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن والداء السكري

قيمة P	الانحراف المعياري	الوسطي	العدد	الداء السكري	
0.98	0.29	0.62	70	لا	حركة مخرج البطين الأيمن
	0.29	0.62	34	نعم	

5-4-7-5 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن والرجفان الأذيني

كما يظهر الجدول 15 لم يكن هناك علاقة هامة إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن والرجفان الأذيني ($P=0.09$).

الجدول 15 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن والرجفان الأذيني

قيمة P	الانحراف المعياري	الوسطي	العدد	الرجفان الأذيني	
0.09	0.29	0.64	88	لا	حركة مخرج البطين الأيمن
	0.24	0.51	16	نعم	

5-4-7-6- العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن ووجود آفة رئوية مزمنة

كما يظهر الجدول 16 لم يكن هناك علاقة هامة إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن ووجود آفة رئوية مزمنة ($P=0.97$).

الجدول 16 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن ووجود آفة رئوية مزمنة

قيمة P	الانحراف المعياري	الوسطي	العدد	آفة رئوية مزمنة	
0.97	0.28	0.62	98	لا	حركة مخرج البطين الأيمن
	0.38	0.62	6	نعم	

5-4-7-7- العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن ووجود الصمة الرئوية

كما يظهر الجدول 17 لم يكن هناك علاقة هامة إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن ووجود الصمة الرئوية ($P=0.11$).

الجدول 17 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن ووجود الصمة الرئوية

قيمة P	الانحراف المعياري	الوسطي	العدد	الصمة الرئوية	
0.11	0.29	0.63	100	لا	حركة مخرج البطين الأيمن
	0.17	0.39	4	نعم	

5-4-7-8- العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن والداء القلبي الإقفاري

لم يكن هناك علاقة هامة إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن والداء القلبي الإقفاري في كل من مجموعة الحالة ومجموعة الشاهد

كما يظهر الجدول 18 لم يكن هناك علاقة هامة إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن وبين الداء القلبي الإقفاري في مجموعة الحالة ($P=0.46$).

الجدول 18 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن والداء القلبي الإقفاري في مجموعة الحالة

قيمة P	الانحراف المعياري	الوسطي	العدد	الداء القلبي الإقفاري	مجموعة الحالة
0.46	0.11	0.38	26	لا	حركة مخرج البطين الأيمن
	0.11	0.35	25	نعم	

كما يظهر الجدول 19 لم يكن هناك علاقة هامة إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن وبين الداء القلبي الإقفاري في مجموعة الشاهد ($P=0.47$).

الجدول 19 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن والداء القلبي الإقفاري في مجموعة الشاهد

قيمة P	الانحراف المعياري	الوسطي	العدد	الداء القلبي الإقفاري	مجموعة الشاهد
0.47	0.19	0.87	40	لا	حركة مخرج البطين الأيمن
	0.14	0.83	13	نعم	

5-4-7-9- العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن وقصور مثلث الشرف

لم يكن هناك علاقة هامة إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن وقصور مثلث الشرف في كل من مجموعة الحالة ومجموعة الشاهد

كما يظهر الجدول 20 لم يكن هناك علاقة هامة إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن وبين قصور مثلث الشرف في مجموعة الحالة ($P=0.28$).

الجدول 20 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن وبين قصور مثلث الشرف في مجموعة الحالة

مجموعة الحالة	قصور مثلث الشرف	العدد	الوسطي	الانحراف المعياري	قيمة P
حركية مخرج البطين الأيمن	لا	19	0.39	0.12	0.28
	نعم	32	0.35	0.10	

كما يظهر الجدول 21 لم يكن هناك علاقة هامة إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن وبين قصور مثلث الشرف في مجموعة الشاهد ($P=0.7$).

الجدول 21 العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن وبين قصور مثلث الشرف في مجموعة الشاهد

مجموعة الشاهد	قصور مثلث الشرف	العدد	الوسطي	الانحراف المعياري	قيمة P
حركية مخرج البطين الأيمن	لا	44	0.87	0.19	0.7
	نعم	9	0.84	0.13	

5-7-4-10- العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن والضغط الرئوي الانقباضي

في مجموعة الحالة بحساب معامل الترابط R بين حركة مخرج البطين الأيمن والضغط الرئوي الانقباضي كانت النتيجة $R=0.09$ - مع قيمة $P=0.5$ مما يدل على عدم وجود ترابط هام إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن والضغط الرئوي الانقباضي في مجموعة الحالة.

في مجموعة الشاهد بحساب معامل الترابط R بين حركة مخرج البطين الأيمن والضغط الرئوي الانقباضي كانت النتيجة $R=0.03$ مع قيمة $P=0.78$ مما يدل على عدم وجود ترابط هام إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن والضغط الرئوي الانقباضي في مجموعة الشاهد.

5-7-4-11- العلاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن والجزء المقذوف

في مجموعة الحالة بحساب معامل الترابط R بين حركة مخرج البطين الأيمن والجزء المقذوف كانت النتيجة $R=0.14$ مع قيمة $P=0.32$ مما يدل على عدم وجود ترابط هام إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن والجزء المقذوف في مجموعة الحالة.

بينما للمقارنة فإنه في مجموعة الحالة بحساب معامل الترابط R بين نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن والجزء المقذوف كانت النتيجة $R=0.41$ مع قيمة $P=0.002$ مما يدل على وجود ترابط متوسط هام إحصائياً بين نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن والجزء المقذوف في مجموعة الحالة.

5-7-4-12- الخلاصة

الخلاصة أنه لم يكن هناك علاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن والعمر ($R=0.16$) وقيمة ($P=0.09$) والجنس ($P=0.06$) وارتفاع التوتر الشرياني ($P=0.82$) والداء السكري ($P=0.98$) والرجفان الأذيني ($P=0.09$) ووجود آفة رئوية مزمنة ($P=0.97$) والصمة الرئوية ($P=0.11$).

لم يكن هناك علاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن وبين الداء القلبي الإقفاري في مجموعة الحالة ($P=0.46$) ولا في مجموعة الشاهد ($P=0.47$).

لم يكن هناك علاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن وبين الضغط الرئوي الانقباضي في مجموعة الحالة ($P=0.5$) ولا في مجموعة الشاهد ($P=0.78$).

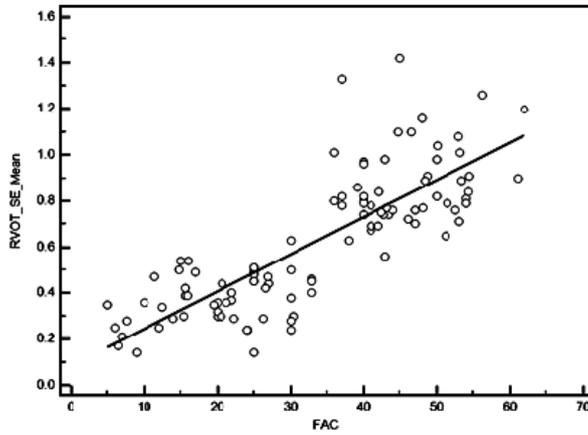
لم يكن هناك علاقة بين حركة مخرج البطين الأيمن وبين قصور مثلث الشرف في مجموعة الحالة ($P=0.28$) ولا في مجموعة الشاهد ($P=0.7$).

في مجموعة الحالة هناك ارتباط متوسط بين نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن وبين الجزء المقذوف للبطين الأيسر (R يساوي 0.41 وقيمة P تساوي 0.002) بينما لا يوجد ارتباط بين حركة مخرج البطين الأيمن وبين الجزء المقذوف للبطين الأيسر (R يساوي 0.14 وقيمة P تساوي 0.3).

8-5- ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع بقية الطرق

8-5-1- ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع تغير مساحة البطين الأيمن

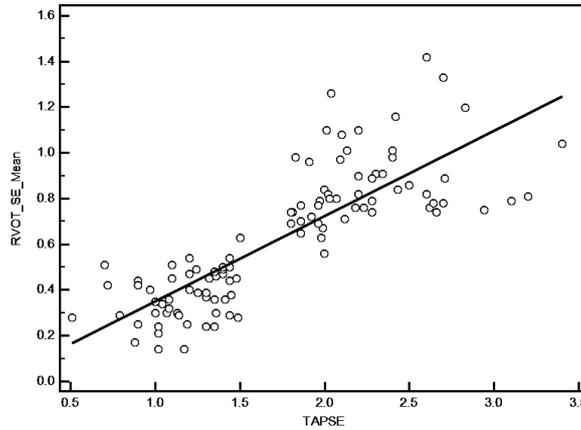
بحساب معامل الترابط R بين حركة مخرج البطين الأيمن وتغير مساحة البطين الأيمن كانت النتيجة $R=0.81$ مع قيمة P أقل من 0.0001 مما يدل على وجود ترابط خطي قوي هام إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن وتغير مساحة البطين الأيمن. يظهر الشكل 47 علاقة الترابط بين حركة مخرج البطين الأيمن وتغير مساحة البطين الأيمن.



الشكل 47 ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع تغير مساحة البطين الأيمن

8-5-2- ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع حركة حلقة مثلث الشرف أثناء الانقباض

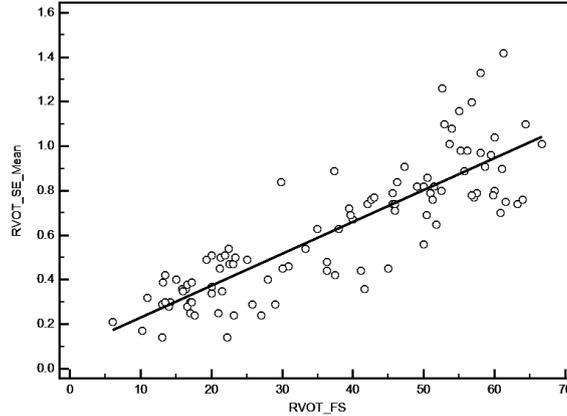
بحساب معامل الترابط R بين حركة مخرج البطين الأيمن وحركة حلقة مثلث الشرف أثناء الانقباض كانت النتيجة $R=0.81$ مع قيمة P أقل من 0.0001 مما يدل على وجود ترابط خطي قوي هام إحصائياً بين حركة مخرج البطين الأيمن وحركة حلقة مثلث الشرف أثناء الانقباض. يظهر الشكل 48 علاقة الترابط بين حركة مخرج البطين الأيمن وحركة حلقة مثلث الشرف أثناء الانقباض.



الشكل 48 ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع حركة حلقة مثلث الشرف أثناء الانقباض

3-8-5- ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن

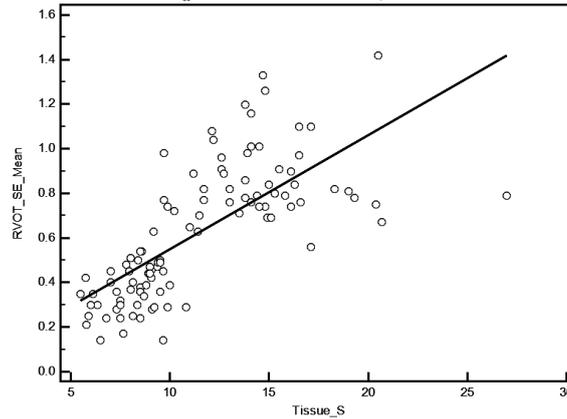
بحساب معامل الترابط R بين حركية مخرج البطين الأيمن ونسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن كانت النتيجة $R=0.85$ مع قيمة P أقل من 0.0001 مما يدل على وجود ترابط خطي قوي هام إحصائياً بين حركية مخرج البطين الأيمن ونسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن. يظهر الشكل 49 علاقة الترابط بين حركية مخرج البطين الأيمن ونسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن.



الشكل 49 ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن

4-8-5- ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي

بحساب معامل الترابط R بين حركية مخرج البطين الأيمن وسرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي كانت النتيجة $R=0.71$ مع قيمة P أقل من 0.0001 مما يدل على وجود ترابط خطي قوي هام إحصائياً بين حركية مخرج البطين الأيمن وسرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي. يظهر الشكل 50 علاقة الترابط بين حركية مخرج البطين الأيمن وسرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي.



الشكل 50 ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي

5-8-5- الخلاصة

الخلاصة وجود علاقة ارتباط خطية قوية هامة إحصائياً بين حركية مخرج البطين الأيمن وبين كل من الطرق الأربعة الأخرى المستخدمة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية (تغير مساحة البطين الأيمن،

حركية حلقة مثلث الشرف أثناء الانقباض، نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن، سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي).

6- المناقشة

لأن الطرق الحالية المستخدمة في تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية بالأمواج فوق الصوتية محدودة الفعالية وصعبة الإجراء⁵⁵، تم في هذا البحث دراسة حركية مخرج البطين الأيمن RVOT_SE كطريقة جديدة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية. بناء على أحدث توصيات الجمعية الأمريكية لأمراض القلب في تقييم البطين الأيمن²⁸ تم تقسيم المرضى لمجموعتي الحالة والشاهد بناء على إيجابية طريقتين معاً هما أفضل الطرق لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية^{22,30,49,56} (تغير مساحة البطين الأيمن أقل من 35% وحركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض أقل من 1.6 سم). أظهرت النتائج سهولة تطبيق هذه الطريقة وفعاليتها وحساسيتها ونوعيتها العالية لتشخيص قصور القلب الأيمن (الحساسية 98% والنوعية 100% والقيمة التنبؤية من الإيجابية 100% والقيمة التنبؤية من السلبية 98%)، وكان الفرق واضحاً عيانياً في كثير من الأحيان بين حركية مخرج البطين الأيمن عند الأشخاص الطبيعيين وعند مرضى قصور القلب الأيمن حتى قبل إجراء القياسات.

تعد هذه الدراسة حتى يومنا هذا أول دراسة تدرس الارتباط بين حركية مخرج البطين الأيمن وبقية طرق تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية عند الأشخاص البالغين وقد أظهرت وجود ارتباط خطي قوي هام إحصائياً بين حركية مخرج البطين الأيمن وبين كل من الطرق الأربعة الأخرى المستخدمة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية (تغير مساحة البطين الأيمن، حركية حلقة مثلث الشرف أثناء الانقباض، نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن، سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي)، وذلك على مجموعة واسعة القيم من المرضى من حيث وظيفة البطين الأيمن والجزء المقذوف والضغط الرئوي الانقباضي.

أظهرت الدراسة عدم ارتباط حركية مخرج البطين الأيمن مع وظيفة البطين الأيسر (الجزء المقذوف EF) عند مرضى قصور القلب الأيمن وذلك بعكس نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن والتي ارتبطت بشكل متوسط مع الجزء المقذوف، والسبب يكمن في طريقة حساب نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن التي تعتمد على قياس المسافة بين مخرج البطين الأيمن وحلقة الصمام الأبهرية وهذه الحلقة تندفع بدورها نحو الأمام نتيجة انقباض البطين الأيسر، بينما لا تتأثر طريقة قياس حركية مخرج البطين الأيمن بحركة انقباض البطين الأيسر (كونها تقيس فقط مجال حركة شغاف الجدار الأمامي لمخرج البطين الأيمن أثناء الانقباض).

ينقل مخرج البطين الأيمن تروية مزدوجة من شريان المخروط conus فرع الشريان الإكليلي الأيمن ومن فروع للشريان الأمامي النازل مما يجعله مقاوماً لنقص التروية أكثر من الجدار الجانبي والجدار السفلي للبطين الأيمن¹¹، وهذا يجعل من حركية مخرج البطين الأيمن طريقة تعبر عن الوظيفة الانقباضية الكلية للبطين الأيمن وليس عن وظيفة جدار معين فقط بعكس حركية حلقة مثلث الشرف بالانقباض والتي تتأثر بشكل كبير عند نقص تروية الجدار الجانبي بالرغم من بقاء وظيفة بقية جدر البطين الأيمن طبيعية التروية والحركية.

أظهرت الدراسة عدم ارتباط حركية مخرج البطين الأيمن مع العمر وهذا يتوافق مع دراسات أخرى مجراة على بعض الطرق الأخرى المستخدمة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية (مثل سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي⁵⁷) والتي أظهرت أيضاً عدم ارتباط هذه الطرق مع العمر.

6-1- المقارنة مع الدراسات العالمية

عالمياً نُشرت في مجلة القلب الأوروبية European Heart Journal عام 2012 أول دراسة على حركية مخرج البطين الأيمن⁴² وقد أظهرت أن حساسية ونوعية هذه الطريقة بلغت 100% في تشخيص قصور القلب الأيمن وكان عدد المرضى فيها أقل من هذه الدراسة (90 شخص منهم 40 شخص قصور قلب أيمن و50 شخص طبيعي) ولم تتطرق لمعرفة ارتباط حركية مخرج البطين الأيمن مع الطرق الأخرى لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية بعكس هذه الدراسة. يظهر الجدول 22 مقارنة بين هذه الدراسة ودراسة مجلة القلب الأوروبية.

الجدول 22 مقارنة بين هذه الدراسة ودراسة مجلة القلب الأوروبية

دراسة مجلة القلب الأوروبية	هذه الدراسة	نوع الدراسة
حالة شاهد	حالة شاهد	نوع الدراسة
مركز واحد	مركزين	تعدد المراكز
90 مريض (40 حالة و50 شاهد)	104 مريض (51 حالة و53 شاهد)	عدد المرضى
تغير مساحة البطين الأيمن أقل من 35% وحركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض أقل من 1.6 سم	تغير مساحة البطين الأيمن أقل من 35% وحركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض أقل من 1.6 سم	تشخيص قصور القلب الأيمن
0.6 سم	0.54 سم	القيمة الحدية لحركية مخرج البطين الأيمن
100%	98%	حساسية حركية مخرج البطين الأيمن
100%	100%	نوعية حركية مخرج البطين الأيمن
قارنت مع: سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي (حساسية 83% ونوعية 96%) التسارع متساوي الحجم لحلقة مثلث الشرف (حساسية 67% ونوعية 68%)	قارنت مع: سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي (حساسية 96% ونوعية 94%) نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن (حساسية 80% ونوعية 98%)	مقارنة حركية مخرج البطين الأيمن مع بقية الطرق
لم تدرسها	أظهرت ارتباط وثيق هام إحصائياً بين حركية مخرج البطين الأيمن وبقية الطرق المستخدمة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية	ترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع بقية الطرق
أظهرت أن حركية مخرج البطين الأيمن أقل من 0.6 سم توافقت مع وفيات أعلى خلال سنة من المتابعة (قيمة P=0.004)	لم تدرسها	حركية مخرج البطين وبقية المرضى

تم دراسة حركية مخرج البطين الأيمن عند الأطفال لأول مرة عام 2013 حيث نشرت دراستين إحداهما في عام 2013⁵⁸ والأخرى في عام 2014⁵⁹ (عند الأطفال من عمر يوم حتى 18 سنة) أظهرتا ارتباط قيم حركية مخرج البطين الأيمن لدى الأطفال بكل من العمر ومساحة سطح الجسم، وترابط حركية مخرج البطين الأيمن مع حركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض ومع سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي.

7- الاستنتاجات

تظهر هذه الدراسة أهمية حركية مخرج البطين الأيمن RVOT_SE كطريقة جديدة وسهلة التطبيق في تقييم الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن، وذات حساسية ونوعية عالية في تشخيص قصور القلب الأيمن وأفضل من عدة طرق أخرى مستخدمة حالياً في تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية. وتظهر هذه الدراسة أيضاً وجود ارتباط قوي بين حركية مخرج البطين الأيمن وبقية الطرق المستخدمة في تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية، وعدم وجود ارتباط هام بينها وبين العمر أو الجنس أو الداء القلبي الإقفاري أو ارتفاع التوتر الشرياني أو الداء السكري وحتى عدم وجود ارتباط مع وظيفة البطين الأيسر أو الضغط الرئوي الانقباضي أو مثلث الشرف عند مرضى قصور القلب الأيمن.

8- التوصيات والمقترحات

- ◆ تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية بشكل روتيني عند إجراء أي إيكو قلب.
- ◆ التركيز بشكل أكبر على طريقة تقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية عند إجراء أي إيكو قلب حتى الروتيني منه.
- ◆ استخدام أكثر من طريقة واحدة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية بإيكو القلب (الأمواج فوق الصوتية).
- ◆ إجراء المزيد من الدراسات على حركية مخرج البطين الأيمن كطريقة لتقييم وظيفة البطين الأيمن الانقباضية وذلك تمهيداً لاعتمادها كطريقة عملية للتقييم بالإيكو حيث تقدم هذه الدراسة مجالات واسعة لدراسات إضافية:
- دراسات لمعرفة مدى ارتباط حركية مخرج البطين الأيمن مع وظيفة البطين الأيمن الانقباضية المحسوبة بالمرنان.
- دراسات لمعرفة مدى إمكانية تنبؤ حركية مخرج البطين الأيمن بإنذار المرضى.
- دراسات لمعرفة هل حركية مخرج البطين الأيمن مشعر مستقل للتنبؤ ببقيا المرضى أم لا.
- دراسات لمعرفة علاقة حركية مخرج البطين الأيمن مع طرق معالجة المريض كتصنيع مثلث الشرف.
- دراسات لمعرفة مدى تغير حركية مخرج البطين الأيمن بعد إجراء الجراحة القلبية على البطين الأيمن ككل وعلى المخرج بشكل خاص.

9- جدول المصطلحات

anterior	أمامي
basal diameter	القطر القاعدي
conus	المخروط
crest	العرف
cushion defect	عيب الوسادة
cuspid	شرفة
depth	العمق
diameter	قطر
distal	بعيد
dome	قبة
echocardiography	الصدى القلبي (إيكو القلب)
ejection fraction(EF)	الجزء المقذوف
first heart field	القلب الأولي
focus	التركيز
four chamber view	المقطع رباعي الأجواف
fractional area change (FAC)	تغير مساحة البطين الأيمن
gain	التضخيم
hydraulic ram	مضخة هيدروليكية
infundibulum	القمع
inlet	المدخل
inter-observer variability	التغير بين القياسات لفاحصين مختلفين
intra-observer variability	التغير بين القياسات لنفس الفاحص
jet	جريان
left lateral decubitus	الاضطجاع الجانبي الأيسر
load	حمل
longitudinal	طولي
mesenchymal	طبقة متوسطة
mid cavity diameter	قطر البطين الأيمن بمنتصفه
M-mode	الصدى القلبي أحادي البعد
moderator band	الشريط المعتدل
morphologic	تشريحياً
multivariate regression analysis	التحليل التراجعي متعدد العوامل
neural crest cells	خلايا العرف العصبي
objective	موضوعية

outlet	المخرج
parasternal long-axis view	المقطع جانب القص ذو المحور الطويل
parasternal short-axis view	المقطع جانب القص ذو المحور القصير
peak velocity	السرعة القصوى
piston pump	مضخة المكبس
posterior	خلفي
primordial	أولي
proximal	قريب (داني)
pseudonormalization	سلبية كاذبة
pulsed-wave tissue Doppler	الدوبلر النسيجي النبضي
pulmonary root	الجذر الرئوي
ridge	حافة
right ventricular outflow tract(RVOT)	مخرج البطين الأيمن
right ventricular outflow tract fractional shortening(RVOT_FS)	نسبة تقاصر مخرج البطين الأيمن
right ventricular outflow tract systolic excursion(RVOT_SE)	حركية مخرج البطين الأيمن
RVOT distal diameter	قطر مخرج البطين الأيمن البعيد
RVOT proximal diameter	قطر مخرج البطين الأيمن القريب
saddle shape	شكل السرج
sample	عينة
secondary heart field	القلب الثانوي
semilunar	هلالية
silhouette	ظل
Simpson's method	طريقة سيمبسون
sinus	جيب
streamlined	انسيابي
trabeculations	ترابيق
transducer	بروب
Transposition of the Great Arteries(TGA)	تبادل منشأ الأوعية
transverse	مستعرض
tricuspid annular plane systolic excursion(TAPSE)	حركية حلقة الصمام مثلث الشرف أثناء الانقباض
tricuspid annular systolic excursion velocity S'	سرعة انزياح حلقة مثلث الشرف الانقباضية باستخدام الدوبلر النسيجي
truncus arteriosus	الجدع الشرياني

ventricular septal defect(VSD)	فتحة بين البطينين
vortex impeller	دافعة ميكانيكية دوارة

1. Yang, Y.P., H.R. Li, X.M. Cao, et al., *Second heart field and the development of the outflow tract in human embryonic heart*. Dev Growth Differ, 2013. 55(3): p. 359-67.
2. Bartelings, M.M. and A.C. Gittenberger-de Groot, *The outflow tract of the heart-embryologic and morphologic correlations*. International Journal of Cardiology, 1989. 22(3): p. 289-300.
3. Bartelings, M.M. and A.C. Gittenberger-de Groot, *The arterial orifice level in the early human embryo*. Anat Embryol (Berl), 1988. 177(6): p. 537-42.
4. Kelly, R.G., *An introduction to outflow tract development*. European Society of Cardiology, 2009.
5. Lamers, W.H. and A.F. Moorman, *Cardiac septation: a late contribution of the embryonic primary myocardium to heart morphogenesis*. Circ Res, 2002. 91(2): p. 93-103.
6. Friedberg, M.K. and A.N. Redington, *Right versus left ventricular failure: differences, similarities, and interactions*. Circulation, 2014. 129(9): p. 1033-44.
7. Saremi, F., S. Ho, and D. Sánchez-Quintana, *Right Ventricle Outflow Tract*, in *Cardiac CT and MR for Adult Congenital Heart Disease*, F. Saremi, Editor. 2014, Springer New York. p. 131-171.
8. Mor-Avi, V., L. Sugeng, and J.R. Lindner, *Imaging the forgotten chamber: is the devil in the boundary?* J Am Soc Echocardiogr, 2010. 23(2): p. 141-3.
9. Geva, T., A.J. Powell, E.C. Crawford, et al., *Evaluation of regional differences in right ventricular systolic function by acoustic quantification echocardiography and cine magnetic resonance imaging*. Circulation, 1998. 98(4): p. 339-45.
10. Yamaguchi, M., T. Tsuruda, Y. Watanabe, et al., *Reduced fractional shortening of right ventricular outflow tract is associated with adverse outcomes in patients with left ventricular dysfunction*. Cardiovasc Ultrasound, 2013. 11(1): p. 19.
11. Rallidis, L.S., G. Makavos, and P. Nihoyannopoulos, *Right Ventricular Involvement in Coronary Artery Disease: Role of Echocardiography for Diagnosis and Prognosis*. Journal of the American Society of Echocardiography : official publication of the American Society of Echocardiography, 2014. 27(3): p. 223-229.
12. Saremi, F., S.Y. Ho, J.A. Cabrera, et al., *Right ventricular outflow tract imaging with CT and MRI: Part 1, Morphology*. AJR Am J Roentgenol, 2013. 200(1): p. W39-50.
13. Bashore, T.M., *Adult congenital heart disease right ventricular outflow tract lesions*. Circulation, 2007. 115(14): p. 1933-1947.

-
14. Sengupta, P.P. and J. Narula, *RV Form and Function: A Piston Pump, Vortex Impeller, or Hydraulic Ram?* JACC: Cardiovascular Imaging, 2013. 6(5): p. 636-639.
 15. Damiano, R.J., P. La Follette, J.L. Cox, et al., *Significant left ventricular contribution to right ventricular systolic function.* American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology, 1991. 261(5): p. H1514-H1524.
 16. Giovanardi, P., G. Stefanelli, F. Turrini, et al., *Interactions between commonly used left and right ventricular function indexes in stable patients.* Minerva Cardioangiol, 2014. 62(4): p. 335-41.
 17. Arya, A., C. Piorkowski, P. Sommer, et al., *Idiopathic outflow tract tachycardias.* Herz Kardiovaskuläre Erkrankungen, 2007. 32(3): p. 218-225.
 18. Engstrom, A.E., M.M. Vis, B.J. Bouma, et al., *Right ventricular dysfunction is an independent predictor for mortality in ST-elevation myocardial infarction patients presenting with cardiogenic shock on admission.* Eur J Heart Fail, 2010. 12(3): p. 276-82.
 19. Dini, F.L., U. Conti, P. Fontanive, et al., *Right ventricular dysfunction is a major predictor of outcome in patients with moderate to severe mitral regurgitation and left ventricular dysfunction.* Am Heart J, 2007. 154(1): p. 172-9.
 20. Lindqvist, P., A. Calcuttea, and M. Henein, *Echocardiography in the assessment of right heart function.* Eur J Echocardiogr, 2008. 9(2): p. 225-34.
 21. Pica, S., S. Ghio, G. Tonti, et al., *Analyses of Longitudinal and of Transverse Right Ventricular Function Provide Different Clinical Information in Patients with Pulmonary Hypertension.* Ultrasound Med Biol, 2014.
 22. Anavekar, N.S., H. Skali, M. Bourgoun, et al., *Usefulness of right ventricular fractional area change to predict death, heart failure, and stroke following myocardial infarction (from the VALIANT ECHO Study).* Am J Cardiol, 2008. 101(5): p. 607-12.
 23. Zornoff, L.A., H. Skali, M.A. Pfeffer, et al., *Right ventricular dysfunction and risk of heart failure and mortality after myocardial infarction.* J Am Coll Cardiol, 2002. 39(9): p. 1450-5.
 24. Karatasakis, G.T., L.A. Karagounis, P.A. Kalyvas, et al., *Prognostic significance of echocardiographically estimated right ventricular shortening in advanced heart failure.* Am J Cardiol, 1998. 82(3): p. 329-34.
 25. Ghio, S., A. Gavazzi, C. Campana, et al., *Independent and additive prognostic value of right ventricular systolic function and pulmonary artery pressure in patients with chronic heart failure.* J Am Coll Cardiol, 2001. 37(1): p. 183-8.
 26. Damy, T., C. Viallet, O. Lairez, et al., *Comparison of four right ventricular systolic echocardiographic parameters to predict adverse outcomes in chronic heart failure.* European Journal of Heart Failure, 2009. 11(9): p. 818-824.

-
27. Darahim, K.E., *Right ventricular systolic echocardiographic parameters in chronic systolic heart failure and prognosis*. The Egyptian Heart Journal, 2013(0).
 28. Rudski, L.G., W.W. Lai, J. Afilalo, et al., *Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography*. Journal of the American Society of Echocardiography: official publication of the American Society of Echocardiography, 2010. 23(7): p. 685.
 29. Lang, R.M., L.P. Badano, V. Mor-Avi, et al., *Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging*. Journal of the American Society of Echocardiography, 2015. 28(1): p. 1-39.e14.
 30. Okada, D.R., H.W. Rahmouni, H.C. Herrmann, et al., *Assessment of Right Ventricular Function by Transthoracic Echocardiography Following Aortic Valve Replacement*. Echocardiography, 2014. 31(5): p. 552-557.
 31. Jurcut, R., S. Giusca, A. La Gerche, et al., *The echocardiographic assessment of the right ventricle: what to do in 2010?* European Journal of Echocardiography, 2010. 11(2): p. 81-96.
 32. Kaul, S., C. Tei, J.M. Hopkins, et al., *Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography*. Am Heart J, 1984. 107(3): p. 526-31.
 33. Giusca, S., V. Dambrauskaite, C. Scheurwegs, et al., *Deformation imaging describes right ventricular function better than longitudinal displacement of the tricuspid ring*. Heart, 2010. 96(4): p. 281-8.
 34. Miller, D., M.G. Farah, A. Liner, et al., *The relation between quantitative right ventricular ejection fraction and indices of tricuspid annular motion and myocardial performance*. J Am Soc Echocardiogr, 2004. 17(5): p. 443-7.
 35. Brown, S.B., A. Raina, D. Katz, et al., *Longitudinal shortening accounts for the majority of right ventricular contraction and improves after pulmonary vasodilator therapy in normal subjects and patients with pulmonary arterial hypertension*. Chest, 2011. 140(1): p. 27-33.
 36. Wang, J., K. Prakasa, C. Bomma, et al., *Comparison of Novel Echocardiographic Parameters of Right Ventricular Function with Ejection Fraction by Cardiac Magnetic Resonance*. Journal of the American Society of Echocardiography, 2007. 20(9): p. 1058-1064.
 37. Dokainish, H., R. Sengupta, R. Patel, et al., *Usefulness of right ventricular tissue Doppler imaging to predict outcome in left ventricular heart failure independent of left ventricular diastolic function*. Am J Cardiol, 2007. 99(7): p. 961-5.

-
38. Lindqvist, P., M. Henein, and E. Kazzam, *Right ventricular outflow-tract fractional shortening: an applicable measure of right ventricular systolic function*. Eur J Echocardiogr, 2003. 4(1): p. 29-35.
 39. Yoshifuku, S., Y. Otsuji, K. Takasaki, et al., *Pseudonormalized Doppler total ejection isovolume (Tei) index in patients with right ventricular acute myocardial infarction*. Am J Cardiol, 2003. 91(5): p. 527-31.
 40. Members, A.T.F., S. Konstantinides, A. Torbicki, et al., *2014 ESC Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism: The Task Force for the Diagnosis and Management of Acute Pulmonary Embolism of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by the European Respiratory Society (ERS)*. European Heart Journal, 2014.
 41. Kim, Y.J., D.A. Kwon, H.K. Kim, et al., *Determinants of surgical outcome in patients with isolated tricuspid regurgitation*. Circulation, 2009. 120(17): p. 1672-8.
 42. Asmer, I., S. Adawi, M. Ganaem, et al., *Right ventricular outflow tract systolic excursion: a novel echocardiographic parameter of right ventricular function*. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2012. 13(10): p. 871-7.
 43. John, R., S. Lee, P. Eckman, et al., *Right ventricular failure--a continuing problem in patients with left ventricular assist device support*. J Cardiovasc Transl Res, 2010. 3(6): p. 604-11.
 44. Evangelista, A., F. Flachskampf, P. Lancellotti, et al., *European Association of Echocardiography recommendations for standardization of performance, digital storage and reporting of echocardiographic studies*. Eur J Echocardiogr, 2008. 9(4): p. 438-48.
 45. Kim, J., S.B. Cohen, M.K. Atalay, et al., *Quantitative Assessment of Right Ventricular Volumes and Ejection Fraction in Patients with Left Ventricular Systolic Dysfunction by Real Time Three-Dimensional Echocardiography versus Cardiac Magnetic Resonance Imaging*. Echocardiography, 2014: p. n/a-n/a.
 46. Aune, E., M. Baekkevar, O. Rodevand, et al., *The limited usefulness of real-time 3-dimensional echocardiography in obtaining normal reference ranges for right ventricular volumes*. Cardiovasc Ultrasound, 2009. 7: p. 35.
 47. Hahn, R.T., T. Abraham, M.S. Adams, et al., *Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic examination: recommendations from the american society of echocardiography and the society of cardiovascular anesthesiologists*. J Am Soc Echocardiogr, 2013. 26(9): p. 921-64.
 48. Haddad, F., S.A. Hunt, D.N. Rosenthal, et al., *Right ventricular function in cardiovascular disease, part I: Anatomy, physiology, aging, and functional assessment of the right ventricle*. Circulation, 2008. 117(11): p. 1436-48.

-
49. Anavekar, N.S., D. Gerson, H. Skali, et al., *Two-dimensional assessment of right ventricular function: an echocardiographic-MRI correlative study*. *Echocardiography*, 2007. 24(5): p. 452-6.
 50. Bland, J.M. and D.G. Altman, *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement*. *Lancet*, 1986. 1(8476): p. 307-10.
 51. Chen, C.-C. and H.X. Barnhart, *Assessing agreement with intraclass correlation coefficient and concordance correlation coefficient for data with repeated measures*. *Computational Statistics & Data Analysis*, 2013. 60(0): p. 132-145.
 52. Beigel, R., B. Cercek, H. Luo, et al., *Noninvasive Evaluation of Right Atrial Pressure*. *Journal of the American Society of Echocardiography : official publication of the American Society of Echocardiography*, 2013.
 53. Kircher, B.J., R.B. Himelman, and N.B. Schiller, *Noninvasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory collapse of the inferior vena cava*. *Am J Cardiol*, 1990. 66(4): p. 493-6.
 54. Lang, R.M., M. Bierig, R.B. Devereux, et al., *Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology*. *J Am Soc Echocardiogr*, 2005. 18(12): p. 1440-63.
 55. Bussadori, C., G.D. Salvo, F.R. Pluchinotta, et al., *Evaluation of Right Ventricular Function in Adults with Congenital Heart Defects*. *Echocardiography*, 2014
 56. Schenk, P., S. Globits, J. Koller, et al., *Accuracy of echocardiographic right ventricular parameters in patients with different end-stage lung diseases prior to lung transplantation*. *J Heart Lung Transplant*, 2000. 19(2): p. 145-54.
 57. Chiha, J., A. Boyd, and L. Thomas, *Does normal ageing alter right ventricular relaxation properties? A tissue Doppler study*. *Heart Lung Circ*, 2010. 19(7): p. 406-12.
 58. Koestenberger, M., A. Avian, and W. Ravekes, *Reference values of the right ventricular outflow tract (RVOT) proximal diameter in 665 healthy children and calculation of z-score values*. *Int J Cardiol*, 2013. 169(6): p. e99-e101.
 59. Koestenberger, M., W. Ravekes, B. Nagel, et al., *Reference values of the right ventricular outflow tract systolic excursion in 711 healthy children and calculation of z-score values*. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2014.